

---

Aplicación para la gestión de shuttle buses

# Trabajo de Fin de Grado

---



## MEMORIA DE TRABAJO DE FIN DE GRADO

Carlos Castellanos Mateo  
Víctor Chamizo Rodríguez

Director:  
Antonio Sarasa Cabezuelo

Trabajo de fin de grado del Grado en Ingeniería de Software  
Facultad de informática

Universidad Complutense de Madrid  
2018-2019

Aplicación para la gestión de shuttle buses

## Trabajo de Fin de Grado

*Memoria destinada a comprender el desarrollo del Trabajo de Fin de Grado*

Carlos Castellanos Mateo  
Víctor Chamizo Rodríguez

*Dirigido por*  
Antonio Sarasa Cabezuelo

## Resumen

La gran mayoría de los trayectos que se generan hacia y desde los aeropuertos europeos se realizan en vehículos privados, lo que provoca altos niveles de congestión en la red viaria que une el aeropuerto con la región de influencia. Para muchas ciudades garantizar el acceso eficiente y a bajo precio a los aeropuertos se ha convertido en un aspecto fundamental en sus planes de movilidad, lo que les ha llevado a fomentar ciertos tipos de transporte que no eran mayoritarios en esta clase de trayectos.

El shuttle bus se encuentra dentro de estas iniciativas y está ganando protagonismo durante los últimos años, dando lugar a que cada vez más empresas ofrezcan este medio de transporte como la mejor alternativa para los trayectos desde y hacia los aeropuertos.

Este Trabajo de Fin de Grado tiene como objetivo presentar una aplicación móvil que solucione el problema de contratación con el que se encuentran los usuarios a la hora de acceder a este tipo de servicios, aportando portabilidad, sencillez y rapidez, que son las cualidades de las que carecen actualmente los principales portales de contratación de shuttle bus. La aplicación está destinada tanto a los pasajeros que quieren contratar el servicio como a los conductores que quieren ofrecerlo. Aunque comenzó como una idea para solucionar el problema del transporte hacia o desde los aeropuertos a determinados puntos del mapa, la realidad es que es una aplicación escalable y que se puede aplicar para resolver otros problemas de transporte ajenos a los aeropuertos y en cualquier parte del planeta.

Palabras clave: autobús, transporte, servicio, shuttle, conductor, pasajero, ruta, aeropuerto.

# Abstract

Most of the traffic between european airports and hotels is caused by private vehicles, it usually causes important traffic jams between these two. Providing a low cost and efficient access to airports has become a fundamental mobility issue for cities, so some minority transport methods are being promoted.

Shuttle bus is one of these new initiatives, which has become popular during the last years, making companies offer this new type of service as an alternative.

The goal of this bachelor thesis is showing a smartphone app that solves the user's problem when booking these kind of services, giving portability, simplicity and quickness to the experience, properties that cannot be found in other similar apps. This application works for both ways, passengers and drivers. Although the project started as an idea only for airports, it's scalable and can be used to solve another transport situations.

Keywords: bus, transport, service, shuttle, driver, passenger, route, airport.

# Terminología

A continuación se detalla una lista de términos técnicos del presente documento junto con su descripción con el fin de facilitar su entendimiento:

- SDK: “Software development kit” es un conjunto de herramientas destinadas al desarrollo de software para una determinada plataforma.
- DAO: “Data Access Object” es un patrón de diseño cuyo objetivo es integrar la gestión de los datos persistentes en la aplicación.
- Promesas: método para solucionar el problema de la asincronía. Cuando una función devuelve una promesa, “promete” que una vez haya terminado, se ejecutará la siguiente promesa, de esta forma se pueden ir encadenando una detrás de otra y se asegura que la última promesa solo se ejecuta si se han ejecutado las anteriores.
- API: “Application Programming Interface” es una interfaz que ofrece un determinado servicio para poder acceder a su funcionalidad.
- Https: “Hypertext Transfer Protocol Secure” es un protocolo de red que permite el intercambio seguro de datos.
- Listener: Patrón en el cual un objeto se prepara para ejecutar una acción cuando se activa una señal.

# Índice

<b>Resumen</b>	<b>2</b>
<b>Abstract</b>	<b>3</b>
<b>Terminología</b>	<b>4</b>
<b>Índice</b>	<b>5</b>
<b>Índice de figuras</b>	<b>7</b>
1. INTRODUCCIÓN	10
2. ESTADO DE ARTE	12
3. TECNOLOGÍA EMPLEADA	14
3.1. Android Studio	14
3.2. Firebase	14
3.3. Mapbox	15
4. CASOS DE USO	16
4.1. Conductor	17
4.2. Pasajero	20
4.3. Administrador	23
5. MODELO DE DATOS	25
5.1. Modelo Entidad-Relación	25
5.2. Base de datos NoSQL	26
6. ARQUITECTURA	31
7. DISEÑO DE LA APLICACIÓN	35
7.1. Análisis preliminar	35
7.2. Funcionalidades e implementaciones del cliente	35
7.2.1. Crear y eliminar usuarios, orígenes y trayectos	35
7.2.1. Listar orígenes y trayectos	41
7.2.3. Buscar trayectos	43
7.2.4. Calcular y comenza ruta	46
7.2.5. Menú lateral	48
7.3. Funcionalidades e implementaciones del servidor	50

8. EVALUACIÓN	52
8.1. Guión de pruebas	52
8.2. Resultados	52
8.2.1. Sobre el usuario	53
8.2.2. Sobre la aplicación	54
9. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO	57
9.1. Aportaciones	57
9.1.1. Carlos Castellanos	57
9.1.2. Víctor Chamizo Rodríguez	57
9.2. Conclusiones	58
9.3. Trabajo futuro	58
9. CONCLUSIONS AND FUTURE IMPROVEMENTS	61
9.1. Contributions	61
9.1.1. Carlos Castellanos	61
9.1.2. Víctor Chamizo Rodríguez	61
9.2. Conclusions	62
9.3 Future improvements	63
<b>Apéndices</b>	<b>64</b>
Apéndice 1: Manual de instalación	64
1. Requisitos	64
2. Instalación	64
Apéndice 2: Manual de usuario	67
1. Inicio de sesión.	67
2. Registro.	68
3. Roles	69
3.1. Administrador	69
3.2. Conductor	71
3.3. Pasajero	73
<b>Bibliografía</b>	<b>76</b>

# Índice de figuras

Figura 0. Tabla comparativa de transportes	10
Figura 1. Diagrama de casos de uso de la aplicación	16
Figura 2. Modelo Entidad-Relación	25
Figura 3. Esquema de la base de datos	27
Figura 4. Documento <i>person</i> en Firebase	28
Figura 5. Documento <i>origin</i> en Firebase	28
Figura 6. Documento <i>route</i> en Firebase	29
Figura 7. Documento <i>check-in</i> en Firebase	30
Figura 8. Arquitectura de la aplicación	31
Figura 9. Arquitectura del cliente	31
Figura 10. Arquitectura del servidor	33
Figura 11. Registro 1	36
Figura 12. Registro 2	36
Figura 13. Inicio de sesión	36
Figura 14. Crear origen	36
Figura 15. Crear trayecto	37
Figura 16. Búsqueda de trayecto	37
Figura 17. Eliminar origen	37
Figura 18. Eliminar trayecto	37
Figura 19. Cancelar trayecto	38
Figura 20. Crear usuario	39
Figura 21. Construir JSON	39
Figura 22. Lanzar evento	40
Figura 23. Lanzar petición al servidor	40
Figura 24. Listar orígenes	41
Figura 25. Listar trayectos conductor	41
Figura 26. Listar trayecto pasajero	41
Figura 27. Listar trayectos búsqueda	41
Figura 28. Estructura RecyclerView	42
Figura 29. Instancia RecyclerView	42
Figura 30. Instancia adaptador	42
Figura 31. Renderizado de adaptador	43
Figura 32. Captura de eventos	43
Figura 33. Buscar trayecto	44
Figura 34. Visualización origen-destino	44
Figura 35. Estructura editor de texto	45



Figura 36. Capturar eventos editor de texto	45
Figura 37. Peticiones Mapbox	46
Figura 38. Ruta calculada	47
Figura 39. Error por distancia	47
Figura 40. Renderizado de ruta	47
Figura 41. Menú desplegable	48
Figura 42. Interfaz DrawerLayout	48
Figura 43. Contenido menú desplegable	49
Figura 44. Implementación menú desplegable	49
Figura 45. Petición al controlador del servidor	50
Figura 46. Función del servicio de aplicación	50
Figura 47. Petición del DAO	51
Figura 48. Guión de pruebas	52
Figura 49. Formulario de usuario	53
Figura 50. Formulario de aplicación	54
Figura 51. Gráfico de edad	55
Figura 52. Gráfico de género	55
Figura 53. Gráfico de tenencia de smartphone	55
Figura 54. Gráfico de utilidad	56
Figura 55. Gráfico de usabilidad	56
Figura 56. Gráfico de diseño	57
Figura 57. Gráfico de valoración general	57
Figura AP-1. Opciones de seguridad	65
Figura AP-2. Orígenes desconocidos	65
Figura AP-3. Instalación APK	65
Figura AP-4. Instalando APK	65
Figura AP-5. Instalación finalizado	66
Figura AP-6. Inicio de sesión	67
Figura AP-7. Registro 1	68
Figura AP-8. Registro 2	68
Figura AP-9. Interfaz administrador	69
Figura AP-10. Interfaz origen	69
Figura AP-11. Editar origen	70
Figura AP-12. Origen editado	70
Figura AP-13. Menú administrador	71
Figura AP-14. Listado de orígenes	71
Figura AP-15. Interfaz conductor	71
Figura AP-16. Interfaz ruta conductor	71
Figura AP-17. Calculando ruta	72
Figura AP-18. Comenzando ruta	72

Figura AP-19. Menú conductor	73
Figura AP-20. Listado ruta	73
Figura AP-21. Interfaz pasajero	74
Figura AP-22. Listado de viajes disponibles	74
Figura AP-23. Información ruta	74
Figura AP-24. Menú pasajero	74
Figura AP-25. Listado rutas pasajero	75
Figura AP-26. Interfaz ruta pasajero	75

# 1. INTRODUCCIÓN

El papel de los aeropuertos ha sufrido una transformación radical en las últimas décadas, ya que a parte de ser puntos de transferencia intermodal (mercancías) son ahora también centros estratégicos de desarrollo de la actividad económica. La accesibilidad de la que disponga un aeropuerto es primordial para los clientes del mismo, por lo que contar con una red de movilidad eficiente y sostenible es fundamental para el desarrollo de sus actividades.

Los aeropuertos generan grandes cantidades de tráfico que saturan las redes viarias existentes. Los usuarios, por norma general, realizan sus traslados en transporte privado, lo que incentiva los altos niveles de congestión en las entradas y salidas de la red, sobre todo en horas punta.

La proporción de viajes en transporte público con respecto a los transportes privados cuentan con una gran brecha entre ellos que deja en segundo plano a los primeros; aproximadamente entre un 10% y un 35% del total pertenecen a los traslados en transporte público, mientras que los traslados en transporte privado suman un total de entre el 65% y el 90%. A continuación, se ofrece una tabla explicativa que trata de esclarecer las diferentes ventajas y desventajas con las que cuentan los diferentes transportes de los que disponen los principales aeropuertos europeos ([1]):

Transporte	Ventajas	Desventajas
Automóvil/Taxi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trayecto versátil.</li> <li>• Tiempo de viaje reducido.</li> <li>• Gran confort.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alto coste para el usuario.</li> <li>• Genera alta congestión a la red.</li> </ul>
Bus urbano	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bajo coste para usuarios.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rutas rígidas.</li> <li>• Alto tiempo de viaje.</li> <li>• Confort reducido.</li> <li>• Padece la congestión de la red.</li> </ul>
Metro y Tren	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bajo coste para usuarios.</li> <li>• Tiempo competitivo.</li> <li>• Independiente de la red de congestión.</li> <li>• Alta regularidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rutas rígidas.</li> <li>• Confort medio.</li> <li>• Mal posicionamiento del equipaje.</li> </ul>

Figura 0. Tabla comparativa de transportes

A partir del análisis de los datos proporcionados se puede concluir que el transporte público, a pesar de sus claras desventajas anteriormente comentadas, debe incentivarse de forma que gane protagonismo frente a los transportes privados, que aunque con un mayor confort para el usuario, es menos sostenible a largo plazo y más propenso a ralentizar el tráfico de la red, lo que provoca a su vez, un entorpecimiento de la fluidez en los demás transportes.

Como consecuencia de esto, en los últimos años tanto las gerencias de los aeropuertos como las instituciones encargadas de fomentar y dirigir el turismo en las diferentes regiones, con el fin de mejorar el rendimiento de la red de transporte con las que cuentan los aeropuertos, así como de incrementar la sostenibilidad de los mismos, han ido introduciendo un nuevo medio de transporte que intenta aunar todas las ventajas con las que cuentan tanto el transporte público como el privado e intentar reducir los contras que representa cada uno.

Los *shuttle* o lanzaderas son autobuses cuyo objetivo es realizar traslados compartidos desde los aeropuertos a las diferentes localizaciones que los usuarios han elegido previamente para finalizar su trayecto desde el punto de origen. La mayoría de empresas encargadas de gestionar este tipo de servicios cuentan con sucursales o stands especializados dentro de los propios aeropuertos que garantizan una correcta contratación de dichos servicios. Por desgracia, hay poca oferta en materia de contratación de servicios *shuttle* en lo que a aplicaciones móviles se refiere y las alternativas web que se ofertan son en su mayoría *no-responsive* para dispositivos móviles o integran métodos de contratación del servicio que no son los ideales para este tipo de dispositivos, ya que al no ser una aplicación nativa del terminal, entorpecen la fluidez con la que el usuario está acostumbrado a tratar cuando usa este tipo de aplicaciones; lo que puede perjudicar la experiencia y confianza del usuario poniendo en peligro la finalización satisfactoria de la operación. De acuerdo a lo argumentado anteriormente, en este TFG se han establecido los siguientes objetivos:

- Desarrollar una aplicación móvil que el usuario pueda utilizar como herramienta para la contratación de los servicios de *shuttle*.
- Desarrollar una aplicación móvil que el conductor contratado para el viaje pueda usar como herramienta para la gestión y publicación de trayectos *shuttle*.
- Crear una aplicación eficiente, que sea mantenible en el tiempo y que permita la implementación de posibles mejoras en el futuro

En la presente memoria de este Trabajo Fin de Grado se describe el desarrollo de una aplicación móvil que permite gestionar los clientes y trayectos que se realizan con un *shuttle* con el objetivo de ofrecer una solución a las necesidades antes mencionadas.

# 1. INTRODUCTION

The role of airports has undergone a radical transformation in the last decades, since apart from being intermodal transfer points, are now also logistic centers of development economic activity. The accessibility available to an airport is paramount for costumers as the same, so have an efficient mobility network and sustainable is fundamental for the development of its activities.

Airports generate large amounts of traffic that saturate existing road networks. Users, as a rule, make their transfers in private transport, which encourages high levels of congestion in the entrances and exits of the network, especially at peak times. The proportion of trips by public transport with respect to private transports have a large gap between them that leaves in second plane to the first ones; approximately between 10% and 35% of the total belong to transfers by public transport, whereas transfers in private transport they total between 65% and 90%. Next, it offers an explanatory table that tries to clarify the different advantages and disadvantages with which they have the different transports of which they have the main European airports ([1]):

Transport	Advantage	Disadvantage
Cars / Taxi	<ul style="list-style-type: none"><li>• Versatile journey.</li><li>• Reduced travel time.</li><li>• Great comfort.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• High cost for the user.</li><li>• Generates high congestion to the net.</li></ul>
Bus	<ul style="list-style-type: none"><li>• Low cost for users.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Rigid routes.</li><li>• High travel time.</li><li>• Reduced comfort.</li><li>• It suffers from congestion the net</li></ul>
Metro / train	<ul style="list-style-type: none"><li>• Low cost for users.</li><li>• Competitive time.</li><li>• Independent of the traffic.</li><li>• High regularity.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Rigid routes.</li><li>• Average comfort.</li><li>• Poor positioning of the luggage.</li></ul>

From the analysis of the data provided, it can be concluded that the public transport, despite its clear disadvantages previously discussed, must be encouraged so that it gains prominence in front of the transports private, which although with greater comfort for the user, is less sustainable long term and more likely to slow down network traffic, which causes its time, a nuisance of the fluidity in the other transports.

As a consequence of this, in recent years both the management offices of the airports as the institutions responsible for promoting and managing tourism in the different regions, in order to improve the performance of the transport network with which airports count, as well as increasing the sustainability of they have been introducing a new means of transport that tries combine all the advantages with which both public transport and private and try to reduce the cons each represents.

The shuttle or shuttles are buses whose objective is to carry out transfers shared from the airports to the different locations that the users have previously chosen to end their journey from the point of origin. The majority of companies in charge of managing this type of services have specialized branches or stands within the airports themselves that guarantee a correct contracting of said services. Unfortunately, there are little offer on the contracting of shuttle services as regards mobile applications are concerned and the web alternatives that are offered are in their Most non-responsive for mobile devices or integrate methods of hiring service that are not ideal for this type of device, since that since it is not a native application of the terminal, they impede the fluidity with which the user is accustomed to deal with when using this type of applications; what can harm the user's experience and confidence, endangering the successful completion of the operation. According to what has been argued previously, in this TFG the following objectives have been established:

- Develop a mobile application that the user can use as tool for contracting shuttle services.
- Develop a mobile application that the driver hired for the trip can be used as a tool for the management and publication of journeys shuttle.
- Create an efficient application that is maintainable over time and that allow the implementation of possible improvements in the future.

In the present report of this End of Degree Work, we describe the development of a mobile application that allows managing customers and journeys that are carried out with a shuttle in order to offer a solution to the needs mentioned above.

## 2. ESTADO DE ARTE

Con el auge de las nuevas tecnologías, han aparecido varias soluciones dedicadas a resolver el problema del transporte. Se realizará un repaso de algunas de las aplicaciones más usadas para este fin junto con sus características principales:

- Uber ([2]): es una empresa que se encarga de resolver problemas de transporte de personas. La funcionalidad principal es la siguiente: un pasajero pide un coche y el conductor más cercano va a por él, luego es llevado a su destino y una vez finalizado el viaje, se valoran entre ellos. Este servicio consta de dos aplicaciones principalmente, una para conductores y otra para pasajeros. Ofrecen una gran variedad de formas de transporte, como coches de alta gama o vehículos adaptados para personas con silla de ruedas. Se pueden realizar viajes para un máximo de seis personas mediante el método UberXL o viajes entre usuarios desconocidos con UberPool.
- Cabify ([3]): al igual que en el anterior ejemplo, esta compañía ofrece dos aplicaciones, una para conductor y otra para pasajero. El servicio es muy parecido al ejemplo anterior: un pasajero contrata un viaje seleccionando el tipo de vehículo en el que se quiere viajar y una vez terminada la ruta, se valora la experiencia. Los viajes pueden ser de hasta siete personas. Esta aplicación sólo ofrece la posibilidad de realizar múltiples paradas con un previo acuerdo entre el conductor y los usuarios, el cual se pactará mediante el servicio de mensajería del que consta la propia aplicación o directamente en persona una vez los usuarios se encuentren en el vehículo. Además se pueden personalizar pequeños detalles del viaje indicando el tipo de música que se quiere llevar durante el trayecto o si se quiere que el conductor abra o cierre la puerta al pasajero.
- Blablacar ([4]): la aplicación ofrece la posibilidad de compartir vehículo con otros usuarios que desean realizar el mismo trayecto con el fin de abaratar los costes. El usuario propietario del coche publica el viaje que va a realizar, y el resto de usuarios puede buscar y añadirse al viaje. La opción de realizar múltiples paradas es decisión únicamente del conductor y no de los acompañantes. Además, esta aplicación suele tener como objetivo viajes de largas distancias y no está orientada para trayectos urbanos.
- Car2Go ([5]): es una compañía que gestiona el uso de coches eléctricos en el centro de las ciudades, por lo que su área de servicio suele ser reducida. Esta empresa ofrece varios tipos de coches eléctricos para alquilar normalmente durante pequeños intervalos de tiempo. La compañía tiene marcada una zona “car2go” para cada ciudad donde operan los

coches, aunque se puede salir de la zona temporalmente siempre que el trayecto acabe dentro de esta. Por ejemplo, en la ciudad de Madrid, la zona “car2go” se sitúa mayoritariamente dentro de la vía de circunvalación M-30. Aunque existen varios modelos de coche, el tamaño es reducido, con un máximo de cuatro plazas y un maletero poco espacioso si no se pliegan los asientos traseros.

- MyTaxi ([6]): esta aplicación es parecida a Uber y Cabify con la diferencia de que está destinada a conductores con licencia de taxi en vez de VTC. Al igual que estos dos, tiene una versión para pasajeros y otra para conductores. Con este servicio se puede reservar un taxi con hasta cuatro días de antelación y eligiendo el tipo de coche con el que se quiere realizar el trayecto. Por otro lado, los taxistas reciben las solicitudes de los pasajeros y pueden elegir aceptarlas o no, teniendo siempre prioridad los taxis más cercanos a los clientes respecto al resto de taxis. Es una opción popular usada por los taxistas para adaptarse a las nuevas tecnologías ya que por ejemplo, facilita el pago a través del móvil y permite a los pasajeros mantener una lista con los taxistas favoritos.
- Madrid Transporte ([7]): existen muchas aplicaciones similares a esta y son muy populares entre la población que usa el transporte público. Permiten buscar paradas a través de un mapa o mediante un número ubicado físicamente en las mismas para obtener sus horarios. Además suelen tener otras utilidades como el plano del metro o un sistema de aviso sobre transporte, como por ejemplo las restricciones por contaminación o la congestión de alguna carretera.



## 3. TECNOLOGÍA EMPLEADA

En este capítulo se analizan las herramientas utilizadas en el desarrollo de la aplicación.

### 3.1. Android Studio

Es el entorno oficial para el desarrollo de apps en Android ([8]). Ofrece dos lenguajes para el desarrollo nativo de aplicaciones móvil: Kotlin y Java.

Para el desarrollo de interfaces gráficas, cuenta con una herramienta de diseño basado en el concepto *drag and drop* y el lenguaje XML. Además, el entorno cuenta con un emulador de dispositivos móviles en el que se pueden probar los proyectos durante su desarrollo.

Utiliza un sistema de compilación basado en Gradle flexible y los proyectos están estructurados en módulos, los cuales contienen archivos tanto de código fuente como de recursos.

### 3.2. Firebase

Firebase es una plataforma que ofrece soluciones destinadas al desarrollo web y móvil. ([9]). A continuación se detallan los servicios principales con los que cuenta la plataforma:

- *Realtime database / Cloud firestore*: almacena y sincroniza en la nube, mediante formato JSON, los datos en una de estas dos bases de datos. Además, se le pueden añadir disparadores para distintos tipos de peticiones.
- *Authentication*: servicio que facilita el inicio de sesión y la gestión de la misma.
- *Cloud Storage*: permite el almacenamiento y descarga de archivos de una aplicación.
- *Cloud functions*: es el encargado de gestionar el código del servidor ejecutado cuando se recibe una petición https.

### 3.3. Mapbox

Mapbox es un proveedor de mapas online gratuito que permite renderizar y gestionar mapas ([10]). Entre sus características se encuentra personalizar el renderizado de los mapas y de todos sus componentes, obtener unas coordenadas a partir de una dirección, geolocalizar el móvil o calcular una ruta óptima que pase por varios puntos. Ofrece una licencia *open source* para usar algunos de los servicios mencionados . Así mismo cabe destacar que su API es muy similar a la de su principal competidor, Google Maps.

Una de las características más destacadas de Mapbox es que es *in-app*, es decir, para acceder a sus servicios no es necesario saltar a otra aplicación externa, todo el desarrollo de la navegación se realiza desde la propia aplicación que usa dicho servicio. Además, esta característica incluye la posibilidad de guardar mapas *offline* sin tener que salir de la aplicación.

Mapbox usa un core basado en mapas vectoriales, lo que se traduce en que el proveedor solo manda los datos necesarios al dispositivo y estos son interpretados en tiempo real lo que da lugar mapas más rápidos y una navegación más fluida.

No es necesario contar con un SDK específico para su desarrollo ya que cuenta con soporte para todos. Además, es compatible con las principales plataformas (Android, iOS, web...).

## 4. CASOS DE USO

En este capítulo se explicarán todos los casos de uso implementados en el sistema. En la Figura 1 se muestra el diagrama de caso de usos del sistema desarrollado:

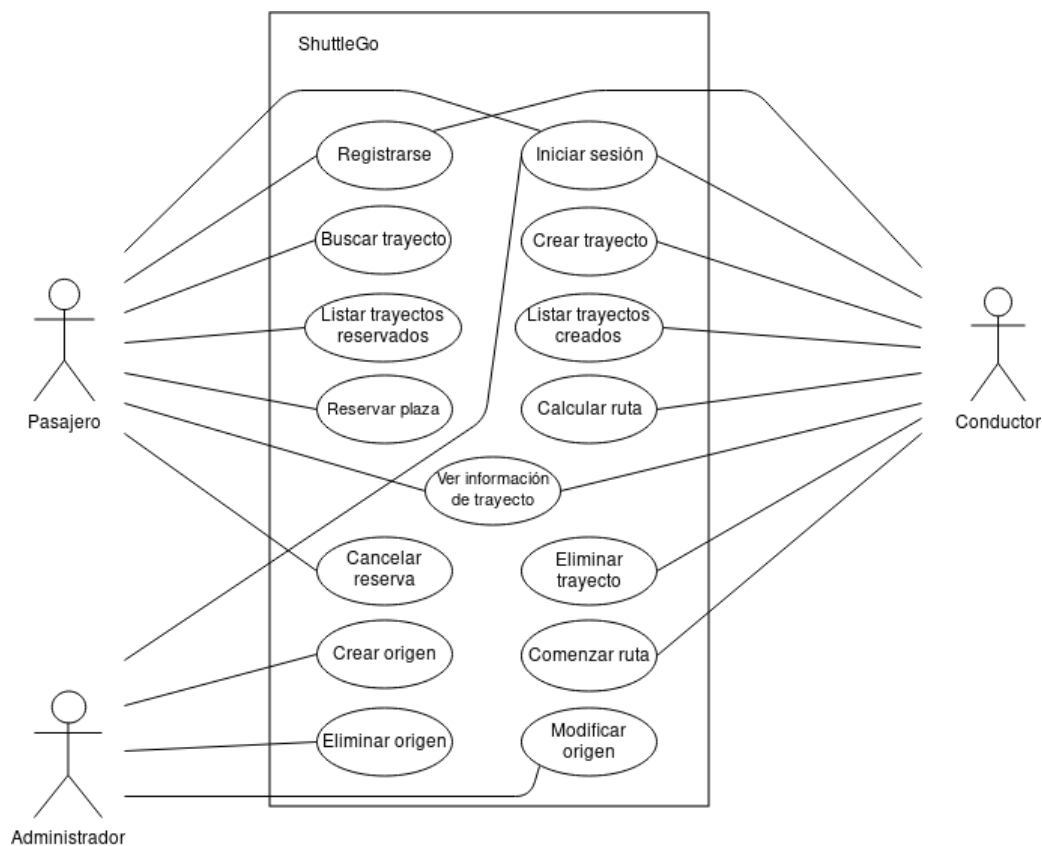


Figura 1. Diagrama de casos de uso de la aplicación

A continuación se explican los actores que intervienen en la aplicación:

- **Administrador:** únicamente una persona desempeña este rol y es el encargado de registrar nuevos puntos de origen para los trayectos que crearán y contratarán los demás actores.
- **Conductor:** este rol puede ser interpretado por múltiples personas y su objetivo es la creación y gestión de nuevos trayectos, introduciendo su punto de origen y el área límite de su servicio para que los pasajeros puedan contratarlo.

- Pasajero: el rol de pasajero puede ser adoptado por múltiples personas y su papel fundamental es la contratación y gestión de los trayectos publicados por los conductores.

En las siguientes tablas se van a describir los casos de uso agrupados por los diferentes actores que intervienen.

#### 4.1. Conductor

<b>C-1. Registro</b>	
<b>Precondición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los datos deben cumplir una serie de condiciones:               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Debe elegir entre el tipo de usuario (conductor).</li> <li>○ El correo debe existir y ser único.</li> <li>○ El teléfono móvil debe ser único.</li> </ul> </li> <li>• A parte de estas restricciones se debe introducir los nombre y apellidos del conductor.</li> </ul>
<b>Postcondición</b>	La base de datos deberá contener la información del usuario (Nombre, correo, contraseña, teléfono...) y se mostrará un mensaje informando de que el registro ha sido realizado correctamente.
<b>Descripción</b>	Se muestra un formulario para introducir las credenciales y datos del conductor.

<b>C-2. Iniciar sesión</b>	
<b>Precondición</b>	Los campos de entrada deben estar correctamente introducidos.
<b>Postcondición</b>	El conductor podrá acceder a toda la funcionalidad de la aplicación con su sesión si las credenciales son correctas.
<b>Descripción</b>	Una vez sus credenciales hayan sido validadas, el conductor puede acceder a todas las funcionalidades de la aplicación desde su sesión, en caso contrario se mantendrá en la página de inicio indicando los datos erróneos.

<b>C-3. Crear trayecto</b>	
<b>Precondición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El conductor debe tener abierta una sesión.</li> <li>• Deben existir unos puntos de salida predefinidos por el administrador, entre los que el conductor puede elegir.</li> <li>• Se debe establecer la hora de salida.</li> <li>• Se debe establecer un código postal que delimite la zona de parada de los pasajeros.</li> <li>• Se debe indicar el número de pasajeros máximo que puede albergar el shuttle bus.</li> </ul>
<b>Postcondición</b>	En la base de datos quedará registrado el nuevo trayecto y se mostrará un mensaje al conductor indicando que la operación se ha realizado correctamente.
<b>Descripción</b>	El conductor elige un punto de inicio, una hora de salida, un máximo de pasajeros y la zona en la que puede realizar las paradas, y de esta forma, se crea un nuevo trayecto.

<b>C-4. Cancelar viaje</b>	
<b>Precondición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El conductor debe tener abierta una sesión.</li> <li>• El viaje que se va a cancelar debe existir.</li> <li>• El viaje que se va a cancelar no puede tener pasajeros inscritos.</li> </ul>
<b>Postcondición</b>	Se eliminará ese viaje de la base de datos y se mostrará una notificación indicando el éxito de la operación.
<b>Descripción</b>	El conductor puede cancelar cualquier viaje en el que no haya pasajeros inscritos.

<b>C-5. Calcular ruta</b>	
<b>Precondición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El conductor debe tener abierta una sesión.</li> <li>• Debe de haberse creado el trayecto.</li> <li>• Debe existir como mínimo un cliente que solicite el servicio.</li> </ul>
<b>Postcondición</b>	La aplicación generará una ruta óptima automáticamente que pase por todos los puntos que soliciten los pasajeros empezando por el punto de inicio.
<b>Descripción</b>	Se muestra un mapa con la ruta calculada.

<b>C-6. Comenzar ruta</b>	
<b>Precondición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El conductor debe tener abierta una sesión.</li> <li>• Debe de haberse calculado ya una ruta.</li> <li>• El conductor debe estar en el punto de partida de la ruta.</li> </ul>
<b>Postcondición</b>	La aplicación se moverá en el mapa hasta el punto de inicio de la ruta y seguirá los movimientos del conductor.
<b>Descripción</b>	Se mueve el mapa hasta el punto de partida y a continuación sigue los movimientos del conductor como un GPS.

<b>C-7. Listar trayectos creados</b>	
<b>Precondición</b>	El conductor debe tener abierta la sesión.
<b>Postcondición</b>	Se imprimirá por pantalla una lista con todos los trayectos creados.
<b>Descripción</b>	Se muestra una lista con los viajes creados.

## 4.2. Pasajero

<b>P-1. Registro</b>	
<b>Precondición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Los datos deben cumplir una serie de condiciones:             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Debe elegir el tipo de usuario (pasajero).</li> <li>○ El correo debe existir y ser único.</li> <li>○ La contraseña debe de cumplir un mínimo de seguridad.</li> <li>○ El teléfono móvil debe ser único.</li> </ul> </li> <li>● A parte de estas restricciones se debe introducir los nombre y apellidos del pasajero.</li> </ul>
<b>Postcondición</b>	La base de datos deberá contener la información del usuario (Nombre, correo, contraseña, teléfono...) y se mostrará un mensaje informando de que el registro ha sido realizado correctamente.
<b>Descripción</b>	Se muestra un formulario para introducir las credenciales y datos del pasajero.

<b>P-2. Iniciar sesión</b>	
<b>Precondición</b>	Los campos de entrada deben estar correctamente introducidos.
<b>Postcondición</b>	El pasajero podrá acceder a toda la funcionalidad de la aplicación con su sesión si las credenciales son correctas.
<b>Descripción</b>	Una vez sus credenciales hayan sido validadas, el pasajero puede acceder a todas las funcionalidades de la aplicación desde su sesión, en caso contrario, se mantendrá en la página de inicio indicando los datos erróneos.

<b>P-3. Buscar trayecto</b>	
<b>Precondición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El pasajero debe tener abierta la sesión.</li> <li>• El origen debe existir.</li> <li>• El destino debe existir.</li> </ul>
<b>Postcondición</b>	Se mostrarán las horas de salida de los diferentes shuttle bus cuyo punto de salida coincida con el punto establecido por el pasajero y cuyo destino se encuentre dentro del área establecida por el conductor.
<b>Descripción</b>	El pasajero elige uno de los puntos de partida predefinidos de los shuttle bus e introduce el destino al que desea ir, entonces se muestra una lista con las diferentes horarios disponibles.



<b>P-4. Cancelar reserva</b>	
<b>Precondición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El pasajero debe tener abierta la sesión.</li> <li>• El viaje debe existir.</li> </ul>
<b>Postcondición</b>	Se borrará de la base de datos para ese viaje y se mostrará un mensaje indicando el éxito de la operación.
<b>Descripción</b>	El pasajero puede cancelar un viaje al que se haya inscrito.

<b>P-5. Reservar plaza</b>	
<b>Precondición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El pasajero debe tener abierta la sesión.</li> <li>• Debe existir la ruta en la que desea reservar plaza.</li> <li>• El autobús debe de tener plazas libres.</li> </ul>
<b>Postcondición</b>	La reserva queda registrada en la base de datos y se mostrará un mensaje al pasajero indicando que la operación se ha realizado correctamente.
<b>Descripción</b>	El pasajero puede reservar plaza para cualquier trayecto que haya buscado y no esté completo.

<b>P-6. Listar trayectos reservados</b>	
<b>Precondición</b>	El pasajero debe tener abierta la sesión.
<b>Postcondición</b>	
<b>Descripción</b>	Se muestra una lista con los viajes en los que se ha reservado, así como sus opciones disponibles.

### 4.3. Administrador

<b>A-1. Iniciar sesión</b>	
<b>Precondición</b>	Los campos de entrada deben estar correctamente introducidos.
<b>Postcondición</b>	El administrador podrá acceder a toda la funcionalidad de la aplicación con su sesión si las credenciales son correctas.
<b>Descripción</b>	Una vez sus credenciales hayan sido validadas, el administrador puede acceder a todas las funcionalidades de la aplicación desde su sesión, en caso contrario, se mantiene en la página de inicio indicando los datos erróneos.

<b>A-2. Introducir origen</b>	
<b>Precondición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El administrador debe tener abierta la sesión.</li> <li>• Se debe dar un nombre a la ubicación.</li> <li>• Se debe dar una ubicación correcta.</li> </ul>
<b>Postcondición</b>	La nueva ubicación será añadida a la base de datos y se mostrará un mensaje al administrador indicando si se ha introducido correctamente.
<b>Descripción</b>	El administrador puede añadir ubicaciones a la base de datos desde las que los shuttle bus podrán salir.

<b>A-3. Eliminar origen</b>	
<b>Precondición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El administrador debe tener abierta la sesión.</li> <li>• La ubicación debe existir.</li> <li>• No debe haber trayectos usando ese origen.</li> </ul>
<b>Postcondición</b>	La ubicación desaparecerá de la base de datos y se mostrará un mensaje al administrador indicando el éxito de la operación.
<b>Descripción</b>	El administrador puede eliminar las ubicaciones a la base de datos.

<b>A-4. Modificar origen</b>	
<b>Precondición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El administrador debe tener abierta la sesión.</li> <li>• La ubicación debe existir.</li> </ul>
<b>Postcondición</b>	Se modificarán los datos del origen en la base de datos y se mostrará un mensaje al usuario indicando cómo ha salido la operación.
<b>Descripción</b>	Se puede modificar el nombre o las coordenadas del origen.

## 5. MODELO DE DATOS

En este capítulo se describe el modelo de datos utilizado para llevar a cabo la persistencia de la información gestionada por la aplicación.

### 5.1. Modelo Entidad-Relación

En la Figura 2 se muestra el diagrama Entidad-Relación que representa la base de datos de la aplicación:

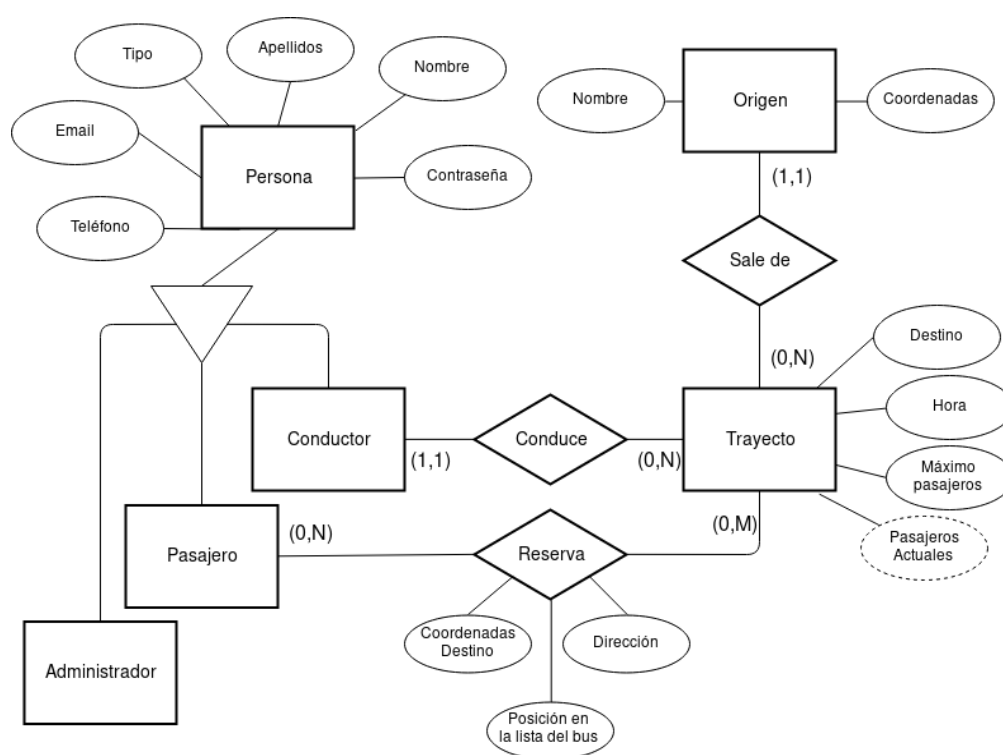


Figura 2. Modelo Entidad-Relación

A continuación se detallan las entidades del diagrama Entidad-Relación anteriormente mostrado:

- **Persona**: representa todos los usuarios que interactúan con la aplicación. Tiene la típica información personal (nombre, apellidos, email y teléfono), además de una contraseña para autenticarse. De esta entidad heredan otras tres con los mismos atributos pero con diferentes relaciones: “Conductor”, “Pasajero” y

“Administrador”. “Administrador” no tiene relación con ninguna otra entidad dentro de la aplicación.

- Trayecto: simboliza un viaje desde que se da de alta hasta que finaliza. Sus atributos son: la hora de salida, el número máximo de pasajeros y los pasajeros que han reservado hasta el momento. Este último atributo se puede calcular mediante el resto de datos, pero tiene la suficiente relevancia para ser indicado en el diagrama.
- Origen: representa el punto de salida de un trayecto. Se trata como una entidad aparte y no como un atributo de “Trayecto” ya que de esta forma, se evita la inconsistencia de nombres entre los conductores. Esto obliga, por ejemplo, a que todos los trayectos que salgan de zonas cercanas a “Avenida América”, se agrupen juntos en la aplicación bajo el origen “Avenida de América”.

A continuación se explican las relaciones que tienen entre sí cada una de las entidades del diagrama Entidad-Relación:

- Un conductor puede conducir varios trayectos, pero un trayecto solo puede ser conducido por un conductor.
- Un pasajero puede reservar varios trayectos y un trayecto casi siempre tiene reservas de varios pasajeros. Cuando un pasajero reserva, debe indicar dónde se quiere bajar, esto lo hace mediante unas coordenadas y una dirección. Además se le asigna una posición en la lista del autobús.
- Un trayecto sale de un origen y de un origen pueden salir varios trayectos.

No se han representado los atributos que realizan la función de clave primaria con el objetivo de mejorar la legibilidad del diagrama Entidad-Relación ya que, al ser simplemente Ids, no aportan información relevante para la comprensión básica del modelo de datos.

## 5.2. Base de datos NoSQL

Una vez definida la estructura básica mediante el modelo E-R, se decidió implementarla en Firebase el cual ofrece una base de datos noSQL llamada Firestore. A pesar de ser noSQL y de que JavaScript es un lenguaje débilmente tipado, mediante el uso de los ids generados automáticamente por Firestore se ha decidido organizar los datos de la siguiente forma para evitar inconsistencias (Figura 3):

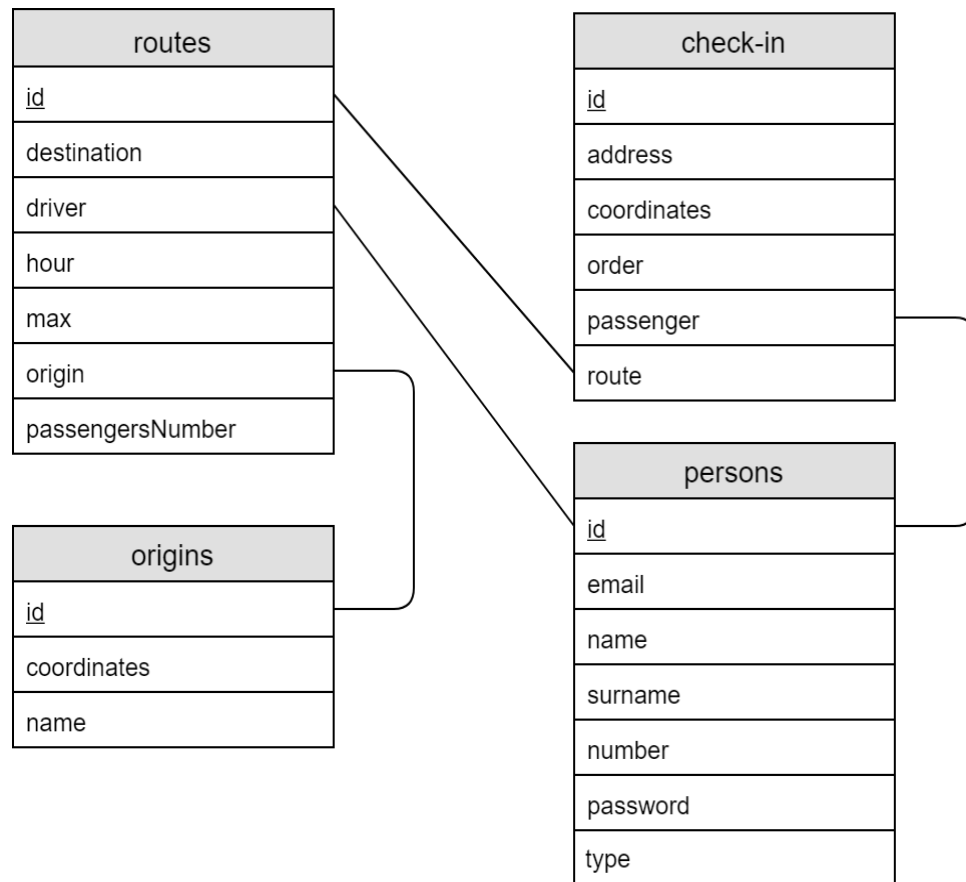


Figura 3. Esquema de la base de datos.

A continuación, se explica cada una de las colecciones y los campos que contienen los documentos que forman parte de cada colección:

- **persons**: Esta colección se encarga de almacenar datos relevantes de todas las personas que están usando esta aplicación (Figura 4). Los datos que se guardan en los documentos son los mismos independientemente del tipo de usuario que sea ya que los atributos no varían.
  - email: el email debe ser único para cada persona, aunque no se usa como elemento diferenciador entre los usuarios, de eso se encarga el id.
  - name: el nombre del usuario.
  - surname: apellido del usuario.
  - number: número de teléfono.

- password: contraseña necesaria para entrar a la aplicación.
- type: tipo de usuario de la aplicación. Puede adquirir tres valores posibles: "passenger" (pasajero), "driver" (conductor) y "admin" (administrador). Este atributo se utiliza con mucha frecuencia para saber si un determinado usuario tiene permiso para realizar una determinada petición o para redirigir a una vista en concreto.

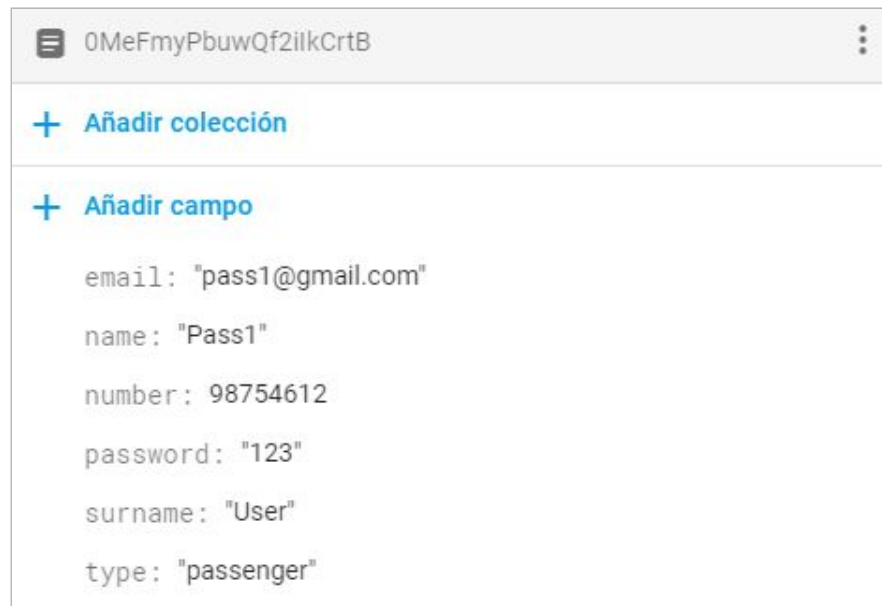


Figura 4. Documento *person* en Firebase

- *origins*: almacena los orígenes introducidos por el administrador (Figura 5).
  - coordinates: las coordenadas del origen.
  - name: el nombre de la calle, plaza, terminal, etc desde donde partirá el bus.



Figura 5. Documento *origin* en Firebase.

- *routes*: Contiene la información de las rutas actuales (Figura 6).
  - *destination*: el destino se especifica con el código postal: el conductor elige el código postal de la zona donde quiere realizar las paradas y los pasajeros cuya ubicación está dentro de ese código, podrán incluirse en el viaje.
  - *driver*: id del conductor que realizará el trayecto.
  - *hour*: hora de salida. Este atributo sirve para que, una vez el pasajero haya seleccionado un origen y un destino, se despliegue una lista con todos los trayectos con sus horas de salida y pueda elegir la más conveniente.
  - *max*: número máximo de pasajeros que puede llevar el shuttle bus. Cuando el número de pasajeros actual es igual a este número, no se permiten más reservas.
  - *origin*: id del origen de la ruta.
  - *passengersNumbers*: número de pasajeros que se han inscrito al viaje. Aunque este número se puede calcular a partir de otros datos, se decidió que tener este atributo era una mejor opción por motivos de eficiencia.



Figura 6. Documento *route* en Firebase.

- *check-in*: Guarda las inscripciones que hacen los pasajeros al añadirse a un trayecto (Figura 7). Mediante esta tabla se pueden obtener los viajes a



los que está inscrito un pasajero o los pasajeros que están apuntados a un determinado trayecto, así como su lugar de destino.

- address: dirección completa donde el pasajero se quiere bajar (ej: "Calle del Dr. Severo Ochoa..."). Este atributo se usa en la aplicación únicamente para mejorar la experiencia de usuario, para la lógica el sistema utiliza las coordenadas.
- coordinates: coordenadas del lugar donde se quiere bajar el pasajero.
- order: posición en la lista del autobús.
- passenger: id del pasajero.
- route: id de la ruta a la que se ha inscrito el pasajero.



Figura 7. Documento *check-in* en Firebase.

Los ids son generados automáticamente por Firestore, en la mayoría de casos se usa para referenciar datos entre diferentes colecciones como se puede ver en el diagrama, aunque en el caso de "Check-in", se podría prescindir del mismo. En la tabla persons se podría haber usado el email, pero se usó el id como referencia para facilitar la modificación del correo y evitar un conflicto de la relaciones entre los datos.

## 6. ARQUITECTURA

En este capítulo se explicará la arquitectura de la aplicación y se detallarán las diferentes capas de las que consta la aplicación, así como la organización interna de la misma.

La arquitectura de la aplicación desarrollada utiliza el patrón cliente-servidor: el cliente se encarga de la interacción del sistema con el usuario, mientras que la función del servidor consiste en asegurarse de que se cumplan todas las reglas de negocio así como de interactuar con la base de datos. El diálogo entre cliente y servidor se realiza mediante peticiones https. De esta forma, la aplicación tendría la estructura que se muestra en la Figura 8:

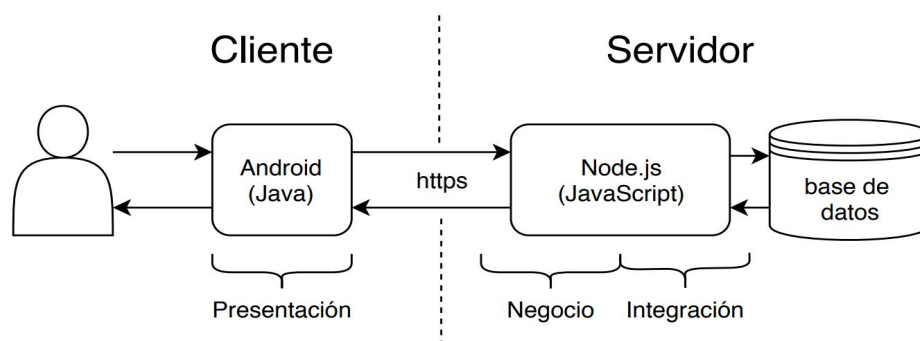


Figura 8. Arquitectura de la aplicación.

El cliente está desarrollado siguiendo una arquitectura multicapa formada por dos capas: actividad y modelo. En la Figura 9 se muestra un esquema de la arquitectura del cliente:

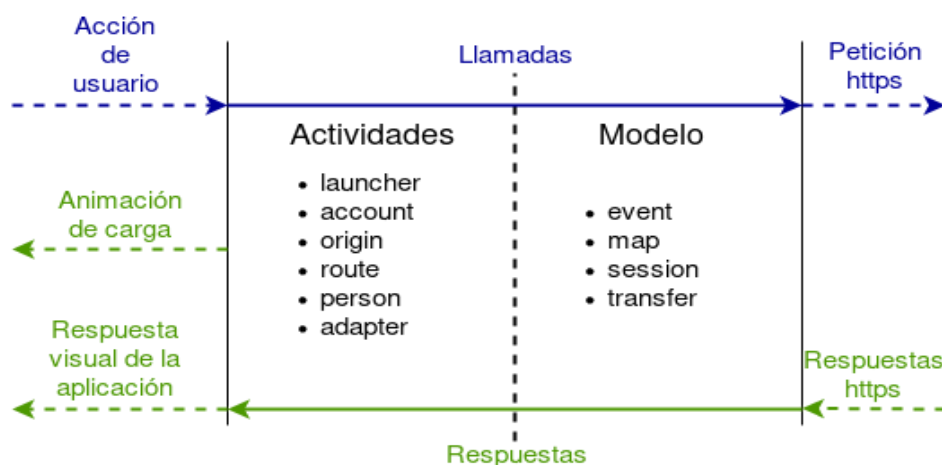


Figura 9. Arquitectura del cliente

La capa de actividades es aquella que más carga de trabajo adopta en el cliente, ya que es la encargada de aplicar toda la lógica de renderizado de las vistas, así como de aplicar las validaciones previas a las peticiones al servidor para evitar fallos de ejecución en el mismo (datos con formato erróneo o campos vacíos). Además, se encarga de lanzar eventos a la capa de modelo. Los paquetes que forman esta capa son:

- *Paquete launcher*: es el encargado de lanzar la aplicación y de inicializar los componentes necesarios para la realización de la misma.
- *Paquete account*: es el encargado de realizar el registro y el inicio de sesión por parte de los usuarios.
- *Paquete origin*: es el encargado de la lógica de presentación del módulo Origen, sus principales funcionalidades son la de mostrar, listar, modificar y eliminar orígenes.
- *Paquete route*: es el encargado del módulo Ruta, al igual que en el paquete anterior este se encarga de mostrar, listar, modificar y eliminar rutas con la excepción de la que la lógica de renderizado que debe aplicar este paquete debe diferenciar entre el usuario que esté realizando las peticiones, ya que las vistas y parte de la funcionalidad se ven alteradas ligeramente dependiendo de si el rol adoptado en ese momento por el usuario es de conductor o pasajero.
- *Paquete person*: es el encargado de la renderización de las vistas de los diferentes roles que puede adoptar el usuario (administrador, conductor o pasajero), así como de controlar las diferentes peticiones que se realizarán dependiendo del rol comentado anteriormente.
- *Paquete adapter*: es el encargado de la renderización de las listas de todos los módulos.

La capa de modelo es la encargada de realizar la interacción con el servidor, realizar las peticiones con los datos que llegan de las capas superiores así como albergar toda la lógica que implementa la aplicación con respecto a la gestión de los mapas que se utilizan en la aplicación. Los paquetes que forman esta capa son:

- *Paquete event*: realiza las peticiones al servidor mediante la API de Firebase y retorna las respuestas a la capa de actividad.
- *Paquete map*: se encarga de interactuar con la API de MapBox para realizar el cálculo de la ruta y la búsqueda de direcciones.

- *Paquete session*: contiene un singleton que se encarga de guardar las credenciales del usuario que ha iniciado sesión con el fin de validar las peticiones que se mandan al servidor y mejorar la seguridad de dichas peticiones.
- *Paquete transfer*: contiene los transfers que intervienen durante todo el desarrollo de la aplicación

En la Figura 10 se muestra la arquitectura multicapa del servidor que consta de tres capas bien delimitadas:

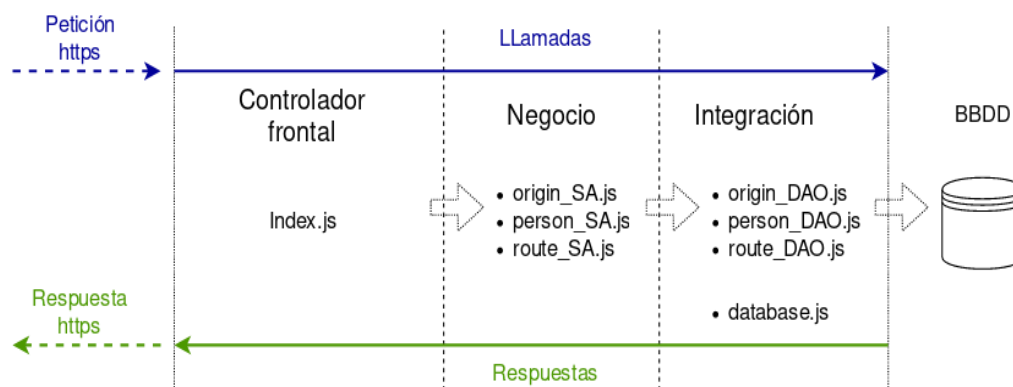


Figura 10. Arquitectura del servidor

- *Controlador frontal*: representado por el archivo "index.js". Es el encargado de recibir las peticiones. Realiza pequeñas validaciones de datos que están estrechamente ligados al formato de las peticiones y que podrían suponer un error de ejecución (ej: comprobar que no lleguen los datos vacíos) además de validaciones de autorización (ej: comprobar que el usuario que ha mandado la petición de eliminar un origen es un administrador).
- *Capa de negocio*: formada por todos los servicios de aplicación ubicados en la carpeta "service\_application". El objetivo de esta capa es asegurarse de que se cumplen las diferentes reglas de negocio (ej: No se pueden añadir más pasajeros a un viaje si están todas las plazas ocupadas). Existe un servicio de aplicación por cada entidad.
- *Capa de integración*: formada por los "Data Access Objects" (DAOs) de la carpeta "data\_access". Esta capa se encarga de dar acceso al sistema a la base de datos mediante operaciones simples (insertar, borrar, modificar y leer). Al igual que en la capa de negocio, existe un DAO por entidad. Además, esta capa contiene un archivo "database.js" que se encarga de realizar la configuración necesaria para realizar peticiones a la base de datos. Observar que para solucionar el problema de la asincronía a la hora

de interactuar con la base de datos, se utilizan promesas, por lo que todas las operaciones devuelven siempre una promesa con el resultado como parámetro.

Para el control de errores existe un archivo "errors.js", donde se encuentran todos los errores posibles que le pueden llegar al cliente junto a una descripción de cuál puede ser la causa.

Observar que esta separación en capas permite que la lógica de negocio sea independiente de la plataforma. De esta forma, si es necesario cambiar el servicio que aloja el código del servidor, solo habría que hacer cambios en el controlador, y si se cambia la forma en la que los datos son almacenados, sólo habría que cambiar los DAOs.

## 7. DISEÑO DE LA APLICACIÓN

En el siguiente capítulo se detalla el diseño con el que cuenta la aplicación junto con su funcionalidad y las implementaciones de las mismas.

### 7.1. Análisis preliminar

Para el desarrollo de este proyecto, se ha querido maximizar la usabilidad de la aplicación intentando, dentro de lo posible, cumplir con la mayoría de sus objetivos como la mejora de la eficiencia, la facilidad de aprendizaje o la satisfacción del usuario. La disposición de los elementos en las vistas, el menú desplegable o las barras de búsqueda en el mapa, tienen un estilo similar a otras aplicaciones populares, por lo que los nuevos usuarios no tendrán demasiados problemas para desenvolverse con la aplicación.

A nivel de diseño interno y codificación, se ha intentado adaptar patrones de diseño a las dos plataformas en las que se ha desarrollado el proyecto, con el objetivo de hacer un software lo más escalable, mantenible y robusto posible. El código cuenta con una documentación completa y una estructura coherente, limpia y legible.

### 7.2. Funcionalidades e implementaciones del cliente

En las siguientes secciones se detallarán las diferentes funcionalidades con las que cuenta la aplicación.

#### 7.2.1. Crear y eliminar usuarios, orígenes y trayectos

Todos los documentos de los que consta la base de datos son definidos por un identificador único autogenerado por el sistema. Para la inserción de cada uno de dichos documentos, la aplicación consta de formularios que son completados por el usuario para crear las nuevas instancias.

Los formularios relacionados con el usuario son los encargados de realizar el registro (Figura 11 y Figura 12), en el que se pide un email único, una contraseña, el tipo de usuario, nombre, apellidos y un número de teléfono. Es importante destacar que los usuarios no cuentan con la posibilidad de registrarse como “administrador” ya que cuenta con unas funcionalidades restringidas.

Figura 11. Registro 1

Figura 12. Registro 2

Otro de los formularios de usuario es el relacionado con el inicio de sesión que permite acceder a las funcionalidades de su perfil (Figura 13). Cuando el correo y la contraseña coincidan con los guardados en la base de datos, serán redirigidos a su pantalla principal, la cual es diferente en función del actor.

Figura 13. Inicio de sesión

Figura 14. Crear origen

Para crear un origen, se necesita la localización del mismo y el nombre que el administrador decida darle (Figura 14). Por otro lado para la creación del trayecto por parte del conductor, el formulario debe ser completado con el punto de partida, el área límite en la que el conductor quiera ofrecer su servicio, así como el número máximo de pasajeros y la hora de salida (Figura 15).

The screenshot shows the 'Conductor' app interface. At the top, there's a header with a menu icon and the text 'Conductor'. Below it, the title 'Crea un nuevo trayecto' is displayed. The form consists of several input fields: 'Introduce un punto de partida' with a sub-label 'Origen', 'Delimita el area del servicio:' with a sub-label 'Código Postal', '¿Cuántos pasajeros puedes llevar?:' with a sub-label 'Número de pasajeros', and '¿A que hora quieres salir?' with a sub-label 'Hora'. At the bottom, there is a large white button labeled 'CREAR TRAYECTO'.

Figura 15. Crear trayecto

The screenshot shows the 'Pasajero' app interface. At the top, there's a header with a menu icon and the text 'Pasajero'. Below it, there are two input fields: 'Introduce un punto de partida' and 'Introduce un destino'. Below these fields is a map showing a street grid with a blue location pin. At the bottom, there is a large white button labeled 'BUSCAR TRAYECTO'.

Figura 16. Búsqueda de trayecto

The screenshot shows the 'Origen' app interface. At the top, there's a header with a menu icon and the text 'Origen'. Below it, the name 'Méndez Álvaro' is displayed. At the bottom, there are two buttons: a white button labeled 'EDITAR' and an orange button labeled 'ELIMINAR'.

Figura 17. Eliminar origen

The screenshot shows the 'Ruta' app interface. At the top, there's a header with a menu icon and the text 'Ruta'. Below it, there are four items: 'Origen: Barajas T1' with a right arrow icon, 'Limite: 28950' with a square icon, 'Pasajeros máximos: 12' with a group of people icon, and 'Pasajeros actuales: 0' with a group of people icon. At the bottom, there are two buttons: an orange button labeled 'COMENZAR' and a white button labeled 'ELIMINAR'.

Figura 18. Eliminar trayecto



Cuando el usuario es un pasajero, para buscar un nuevo trayecto al que añadirse, se debe introducir un punto de partida y el destino que al que el pasajero desee ir (Figura 16).

Cada uno de los tres módulos cuenta con un sistema de eliminación. Por parte del administrador, se brinda la posibilidad de eliminar cualquiera de los orígenes creados (Figura 17). El conductor tiene la opción de eliminar un trayecto, siempre y cuando este no contenga ninguna reserva (Figura 18). El pasajero podrá cancelar un trayecto que haya contratado previamente (Figura 19).

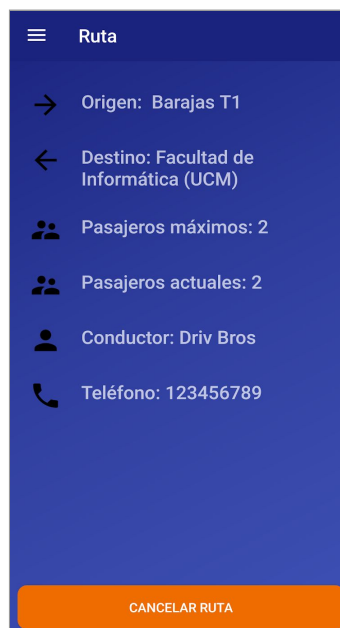


Figura 19. Cancelar trayecto

Para la creación o eliminación de cualquiera de los módulos anteriormente descritos el servidor cuenta con un esquema de implementación muy similar. La parte *back-end* únicamente recibe datos en formato JSON, por tanto, los datos de entrada deben ser enviados en dicho formato. Una vez que el cliente ha capturado el evento que inicia el proceso de creación (Figura 20), se procede a encapsular los datos en formato JSON (Figura 21).

```

this.registerButtonFinish.setOnClickListener(this);

public void onClick(View v) {

    switch (v.getId()) {

        case R.id.main_register_finish_btn:

            JSONObject user = buildJson(data);
            throwEventRegisterUser(user);
            break;

    }
}

```

Figura 20. Crear usuario

```

private JSONObject buildJson(Person data_user) {

    JSONObject user = new JSONObject();

    try {
        user.put("user", json);
    } catch (JSONException e) {
        throwErr(R.string.err);
    }

    return user;
}

```

Figura 21. Construir JSON

Una vez finalizado el proceso anterior, se puede proceder a llamar a la función encargada de llamar al `DispatcherEvent` (despachador de eventos) (Figura 22) y procesa la respuesta llegada del servidor una vez se haya procesado. el `DispatcherEvent` es el encargado de lanzar la petición correcta al servidor (Figura 23).

Como se puede observar, Firestore facilita el intercambio de datos con el servidor mediante el método “`getHttpsCallable`”.

```
private void throwEventRegisterUser(JSONObject data) {
    EventDispatcher.getInstance(this)
        .dispatchEvent(Event.SIGNUP, data)
        .addOnCompleteListener(task -> {

            if (!task.isSuccessful())
                throwErr(task.getResult().get("error"));
            else {

                startActivity(new Intent(this, nestClass));
                finish();
            }
        });
}
```

Figura 22. Lanzar evento

```
FirebaseApp.initializeApp(applicationContext);
mFunctions = FirebaseFunctions.getInstance();

public Task dispatchEvent(Event event, JSONObject
data) {

    switch(event) {
        case SIGNIN: return throwEvent("signin", data);
        case SIGNUP: return throwEvent("signup", data);

        /* [...] */

        default: return null;
    }
}

private Task throwEvent(String name, JSONObject data) {

    return this.mFunctions
        .getHttpsCallable(name)
        .call(data)
        .continueWith(task -> task.getResult().getData());
}
```

Figura 23. Lanzar petición al servidor

### 7.2.1. Listar orígenes y trayectos

Una vez creado varios orígenes, el administrador puede consultar todos los disponibles en la base de datos (Figura 24).



Figura 24. Listar orígenes



Figura 25. Listar trayectos conductor

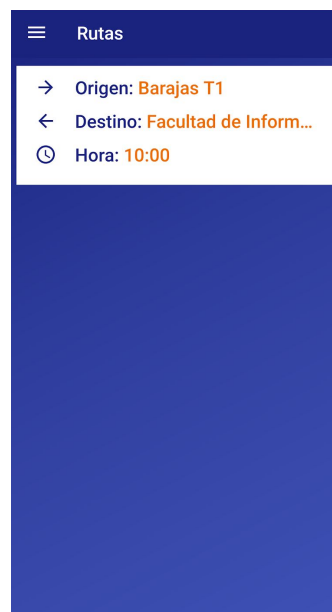


Figura 26. Listar trayecto pasajero

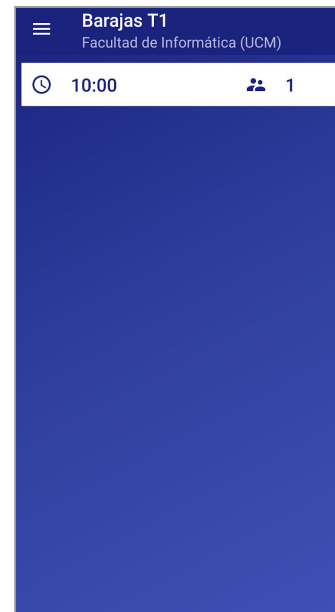


Figura 27. Listar trayectos búsqueda

Lo mismo ocurre cuando un conductor crea varios trayectos o cuando un pasajero se inscribe a alguno. Cabe destacar que en la lista de conductor (Figura 25) se muestra el código postal que delimita el área de servicio, mientras que en la de pasajero se muestra el nombre del destino (Figura 26). También se genera una lista como resultado de la búsqueda de un trayecto (Figura 27).

Los listados dentro de la aplicación se utilizan constantemente por lo que es necesario optimizarlos. Android Studio ofrece una sencilla de mostrar las listas mediante el uso de RecyclerViews (Figura 28 y Figura 29).

```
<LinearLayout
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="match_parent"
    android:orientation="vertical" >

    <android.support.v7.widget.RecyclerView
        android:layout_width="match_parent"
        android:layout_height="match_parent" />
</LinearLayout>
```

Figura 28. Estructura RecyclerView

```
RecyclerView.LayoutManager layoutManager = new
LinearLayoutManager(this);

this.recyclerView.setLayoutManager(layoutManager);
```

Figura 29. Instancia RecyclerView

Una vez que el servidor ha devuelto la lista de los datos solicitados por la petición, se debe instanciar un adaptador (Figura 30), que será el encargado de gestionar dicho RecyclerView, renderizando el contenido de la lista (Figura 31) y escuchando las peticiones que recibe desde el cliente (Figura 32).

```
Adapter<ViewHolder> adapter = new Adapter(data_list);

recyclerView.setAdapter(adapter);
```

Figura 30. Instancia Adaptador

```

viewHolder(View v) {

    super(v);
    this.context = v.getContext();
    Cardview card = new Cardview(); //The item to show
}

public void onBindViewHolder(viewHolder h, int i) {

    h.card.setText(data_list.get(i).getItem());
    h.setOnClickListener();
}

```

Figura 31. Renderizado de Adaptador

```

void setOnClickListener() {

    this.adapter_button.setOnClickListener(v -> {

        /* [...] */
        /* send the event */

    });
}

```

Figura 32. Captura de eventos Adaptador

### 7.2.3. Buscar trayectos

El pasajero introduce un origen y un destino (Figura 33), y a continuación se le muestra una lista con todas las horas a las que sale un autobús que haga ese recorrido. Cuando introduce el origen, se añade un icono de un autobús al mapa en las coordenadas de la dirección indicada, y cuando se introduce el destino se añade una bandera de meta (Figura 34). En ambos casos se hace zoom para que el pasajero pueda asegurarse de que la dirección es correcta y según se va escribiendo aparecen sugerencias para el autocompletado.

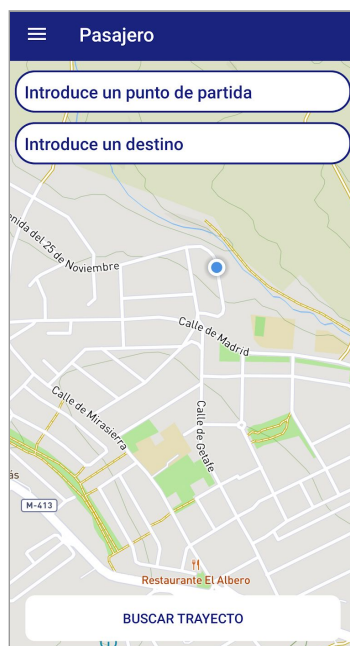


Figura 33. Buscar trayecto

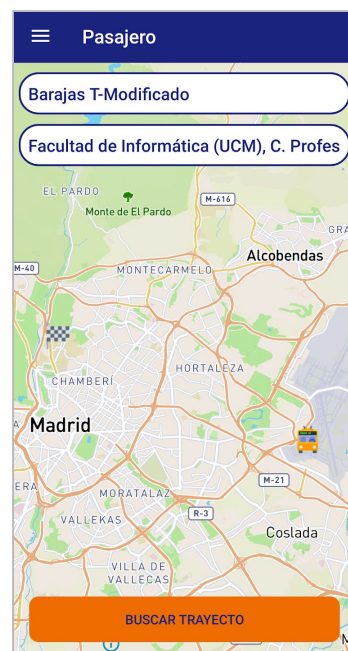


Figura 34. Visualización origen-destino

Los editores de texto que incluye el SDK de android tienen múltiples funcionalidades entre las que destaca la captura de eventos ante cualquier interacción del usuario con dichos elementos. Esta funcionalidad se ha aprovechado para realizar búsquedas en tiempo real junto con la API de Mapbox.

Se han implementado los *listeners* que componen esos editores (Figura 35) de texto de tal forma que cada vez que el usuario introduce una palabra completa, se lanza una petición (Figura 36) a través de la API de Mapbox (Figura 37) que devuelve una lista con las direcciones coincidentes a la palabra insertada por teclado. Esta lista, posteriormente, es mostrada mediante adaptadores.

Por otro lado, mediante la misma petición se obtienen las coordenadas que se usarán para marcar el mapa y calcular la ruta, y el código postal con el que se buscarán los trayectos.

```

<LinearLayout
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:orientation="vertical" >

    <TextView
        android:text="Introduce una dirección" />

    <EditText
        android:id="edit_text"
        android:hint="Dirección"
        android:inputType="text" />
</LinearLayout />

```

Figura 35. Estructura editor de texto

```

public void afterTextChanged(Editable s) {

    if (s.toString().matches(".*\\s")) {
        Map.getInstance(this)
            .getFullAddress(s.toString())
            .addOnCompleteListener(task-> {

                this.edit_text = task.getResult();
                ArrayList<String> a_address = new
ArrayList<>();

                for (Address address : this.edit_text )
                    a_address .add(address.getAddress());

                this.view_adapter.setAdapter(adapter);

            });
    }
}

```

Figura 36. Capturar eventos editor de texto



```

public Task<?> getFullAddress(String address) {

    MapboxGeocoding.builder()
        .accessToken(Map.accessToken)
        .query(address)
        .languages("es")
        .build()
        .enqueueCall(new Callback<..>() {

            @Override
            public void onResponse(Call call, Response
response) {

                List<?> results = response.body();

                for(auto result:results) {

                    Address address =
                        new Address(result.placeName(),
                                    result.postalCode());

                    addresses.add(address );
                }
                return addresses;
            }
        });
}
}

```

Figura 37. Peticiones Mapbox

#### 7.2.4. Calcular y comenza ruta

Cuando se tenga un mínimo de una parada, se podrá calcular la ruta óptima entre todos los puntos mediante la API de Mapbox, la cual en su versión gratuita permite un máximo de veinticinco puntos incluyendo el origen.

Una vez calculada la ruta se mostrará el mapa con el camino óptimo que pasa por todas las paradas (Figura 38). Si se está lo suficientemente cerca del origen, al pulsar “comenzar” el zoom del mapa apuntará a la posición del mapa donde se sitúe el conductor y comenzará a seguir sus movimientos. En caso contrario, mostrará un mensaje de error (Figura 39).

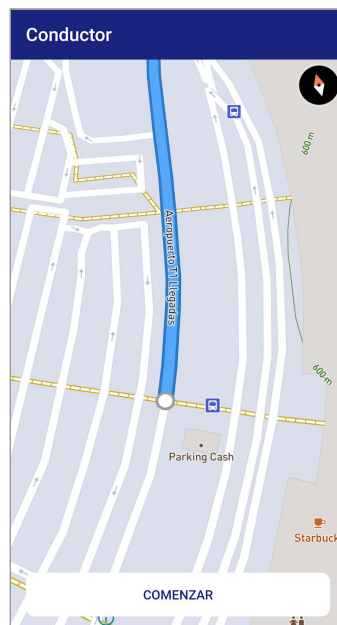


Figura 38. Ruta calculada

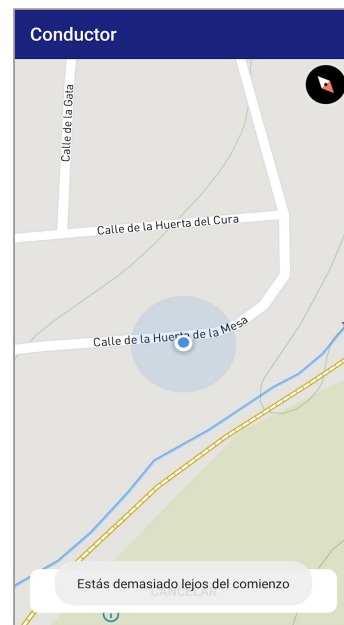


Figura 39. Error por distancia

Para calcular la ruta con Mapbox, primero se introduce el origen, para a continuación añadir el resto de paradas. Después, se ejecutará la función “getRoute” y con la respuesta, se pintará un camino en el mapa (Figura 40).

```

NavigationRoute.Builder builder
= NavigationRoute.builder(context).origin(origin);
for(Point w:waypoints) builder =
builder.addWaypoint(w);

builder.build().getRoute(new Callback() {

    @Override
    public void onResponse(Call call, Response
response){
        DirectionsRoute route;
        route = response.body().routes().get(0)
        NavigationMapRoute nmr;
        nmr = new
NavigationMapRoute(null,mapView,mapboxMap);
        nmr.addRoute(route);
    }
}

```

Figura 40. Renderizado de ruta

### 7.2.5. Menú lateral

Todos los actores que interactúan con el sistema constan de un menú desplegable (Figura 41) con el que pueden navegar a por las diferentes pantallas de la aplicación a través de sus diferentes opciones.

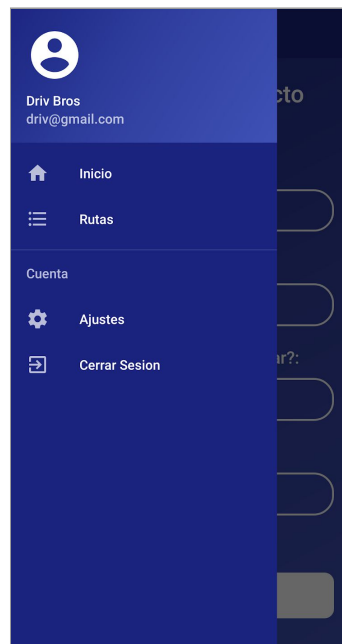


Figura 41. Menú desplegable

La implementación del menú lateral es idéntica en los tres módulos, a excepción de las opciones que ofrece cada uno de ellos. La interfaz está compuesta por un `DrawerLayout` (Figura 42 y Figura 43) y un `NavigationView` que es el encargado de escuchar los eventos recibidos por el menú desplegable (Figura 44).

```
<android.support.v4.widget.DrawerLayout
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="match_parent">

    <include layout="@layout/driver_main_content" />

    <android.support.design.widget.NavigationView
        app:headerLayout="@layout/menu_nav_header"
        app:menu="@menu/driver_drawer" />
</android.support.v4.widget.DrawerLayout>
```

Figura 42. Interfaz `DrawerLayout`

```

<menu
xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
xmlns:tools="http://schemas.android.com/tools"
tools:showIn="navigation_view">

    <group android:checkableBehavior="single">
        <item
            android:id="@+id/driver_drawer_home"
            android:icon="@drawable/ic_home"
            android:title="@string/home" />

        <item
            android:id="@+id/driver_drawer_list"
            android:icon="@drawable/ic_list"
            android:title="@string/routes" />
    </group>
</menu>

```

Figura 43. Contenido menú desplegable

```

this.driver_nav.addDrawerListener(toggle);
this.toggle.syncState();
this.driver_nav.setNavigationItemSelectedListener(this)

public boolean onNavigationItemSelected(MenuItem
menuItem) {

    switch (menuItem.getItemId()) {

        case R.id.driver_drawer_list:
            startActivity(new Intent(this, nextClass));
            break;
    }

    this.driver_nav.closeDrawer(GravityCompat.START);
    return true;
}

```

Figura 44. Implementación menú desplegable

### 7.3. Funcionalidades e implementaciones del servidor

Para cualquier funcionalidad explicada anteriormente, la secuencia seguida en este lado es básicamente la misma. Cuando la petición llega al servidor, el funcionamiento del servidor de forma normal sería el siguiente:

1. Se ejecuta la función del controlador asociada a la petición, donde primero se realizan comprobaciones de autorización y validación de formato de datos, y si no ha ocurrido ningún error, se llama al método de algún servicio de aplicación (Figura 45).

```
const functions = require("firebase-functions");

exports.signup = functions.https.onCall((data) => {
  return checkData(data)
    .then(() => checkData(data.user))
    .then(() => personSA.signup(data.user))
    .then(() => { return {signedUp: true} });
});
```

Figura 45. Petición al controlador del servidor

En este caso, primero se comprueba que el formato con el que llegan los datos es el correcto mediante la función “checkData” para a continuación llamar al método “signup” del servicio de aplicación “personSA”. Si la respuesta ha sido correcta, se envía un dato de confirmación “signedUp: true”. Como se puede observar, Firebase ofrece un paquete (“firebase-functions”) que se encarga de manejar el intercambio de datos mediante peticiones https.

```
function deleteOriginById(id) {

  return originDAO.getOriginById(id)
    .then((origin) => {

      if(origin == null) throw ERROR.OrgNotExists;
      else return originDAO.deleteOriginById(id);
    });
};
```

Figura 46. Función del servicio de aplicación

2. El servicio de aplicación se encarga de hacer cumplir las reglas de negocio apoyándose en llamadas a las funciones de los DAOs (Figura 46). En este método perteneciente al servicio de aplicación de “origen” (“origin\_SA.js”) se puede observar como se intenta obtener un origen mediante su id, llamando al DAO de origen. Si no se ha encontrado, se devuelve un error, en caso contrario, se elimina.
3. Los DAOs interactúan directamente con la base de datos obteniendo, insertando, modificando y borrando documentos (Figura 47).

```
function insertUser(newUser) {  
  
    return db.collection("persons").add(newUser)  
        .then(() => {  
            return null;  
  
        }, error => { throw ERROR.server});  
}
```

Figura 47. Petición del DAO

En este ejemplo, se intenta insertar un usuario en la base de datos. Si se ha insertado con éxito devuelve *null*, y en caso contrario lanza un error. El objeto “db” es instanciado en el archivo de configuración “database.js” mediante el paquete ofrecido por Firebase “firebase-admin” y usado en todos los métodos de los DAOs.

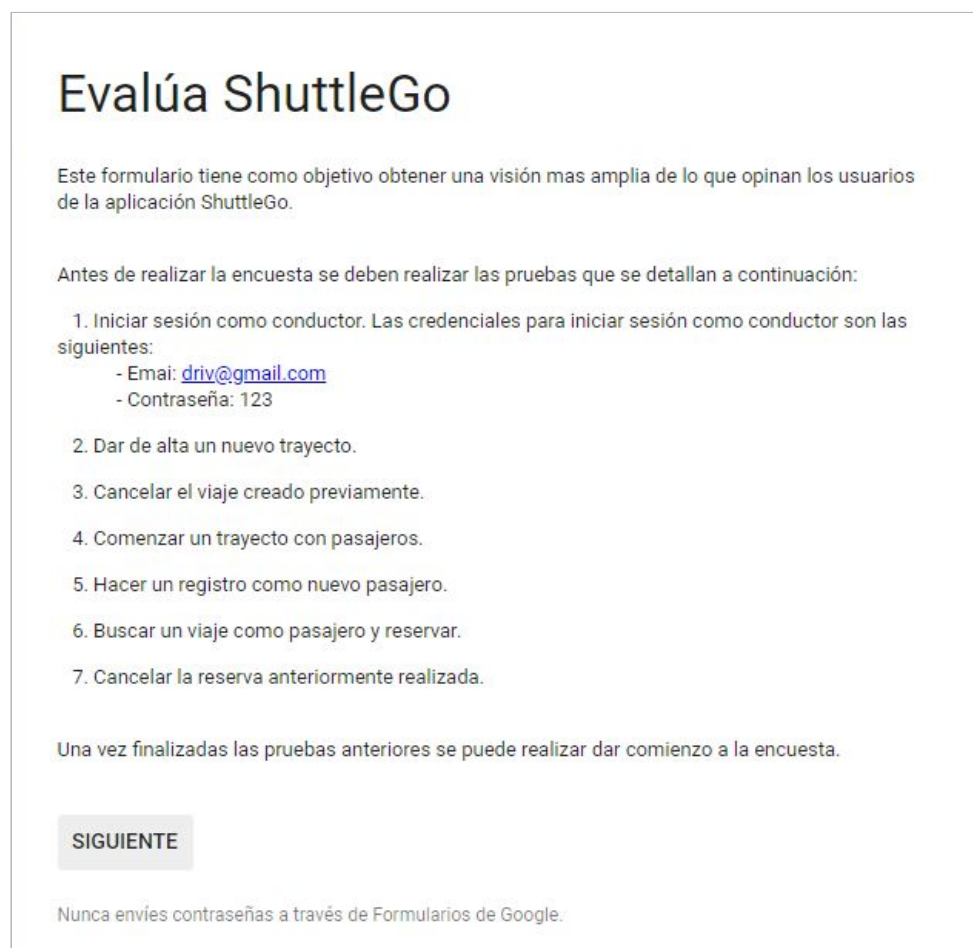
## 8. EVALUACIÓN

En este capítulo se describe la evaluación realizada sobre la aplicación. Para ello se ha preparado un guión de pruebas mediante un formulario de Google que ha sido enviado a un grupo de 20 usuarios para que puedan probar la aplicación.

### 8.1. Guión de pruebas

El formulario se ha dividido en dos partes. La primera parte tiene como objetivo analizar el perfil de usuario que ha realizado las pruebas de la aplicación y la segunda parte tiene como finalidad evaluar la opinión que ha generado en los usuarios el uso de la aplicación.

A los encuestados se les pidió que realizaran una serie de pruebas, centradas en la funcionalidad principal de la aplicación. En la Figura 48 se muestra el guión de pruebas que se facilitó a los usuarios encuestados:



**Evalúa ShuttleGo**

Este formulario tiene como objetivo obtener una visión mas amplia de lo que opinan los usuarios de la aplicación ShuttleGo.

Antes de realizar la encuesta se deben realizar las pruebas que se detallan a continuación:

1. Iniciar sesión como conductor. Las credenciales para iniciar sesión como conductor son las siguientes:
  - Email: [driv@gmail.com](mailto:driv@gmail.com)
  - Contraseña: 123
2. Dar de alta un nuevo trayecto.
3. Cancelar el viaje creado previamente.
4. Comenzar un trayecto con pasajeros.
5. Hacer un registro como nuevo pasajero.
6. Buscar un viaje como pasajero y reservar.
7. Cancelar la reserva anteriormente realizada.

Una vez finalizadas las pruebas anteriores se puede realizar dar comienzo a la encuesta.

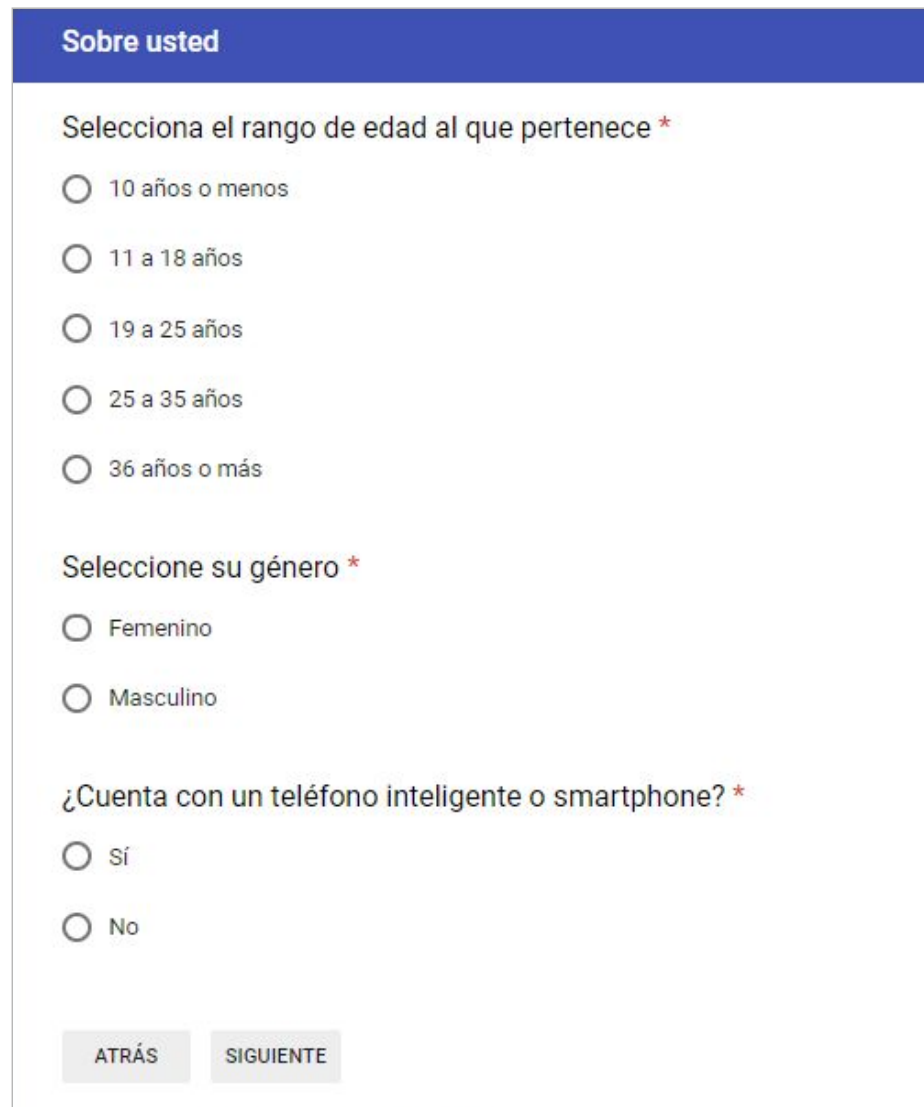
**SIGUIENTE**

Nunca envíes contraseñas a través de Formularios de Google.

Figura 48. Guión de pruebas

## 8.2. Resultados

Después de haber realizado el guión de pruebas, se les presentó a los usuarios un formulario para evaluar la experiencia realizada. En la Figura 49 y la Figura 50 se muestra el formulario presentado ante los encuestados.



The image shows a digital survey form with a blue header bar containing the text "Sobre usted". Below the header, there are three sections of questions, each with radio button options. The first section asks for age range, the second for gender, and the third for smartphone ownership. At the bottom, there are two buttons: "ATRÁS" and "SIGUIENTE".

**Sobre usted**

Selecciona el rango de edad al que pertenece \*

- ☐ 10 años o menos
- ☐ 11 a 18 años
- ☐ 19 a 25 años
- ☐ 25 a 35 años
- ☐ 36 años o más

Seleccione su género \*

- ☐ Femenino
- ☐ Masculino

¿Cuenta con un teléfono inteligente o smartphone? \*

- ☐ Sí
- ☐ No

Figura 49. Formulario de usuario



Sobre la aplicación

¿Le parece útil la aplicación? \*

1

2

3

4

5

☐
☐
☐
☐
☐

¿Le ha resultado fácil aprender a utilizar la aplicación? \*

1

2

3

4

5

☐
☐
☐
☐
☐

¿Cree que tiene un buen diseño y es cómoda de utilizar? \*

Elige

▼

¿Mejoraría usted algo de la aplicación?

Tu respuesta

¿Cuál es su valoración general de la aplicación? \*

Elige

▼

ATRÁS

ENVIAR

Figura 50. Formulario de aplicación

### 8.2.1. Sobre el usuario

A continuación se realizará una explicación detallada de los gráficos obtenidos tras las encuesta en lo que a perfil de usuario se refiere.

Como se puede observar en la Figura 51, el 70% de los entrevistados se encuentran entre los 19 y los 35 años de edad, siendo la franja mayoritaria la comprendida entre los 19 años y los 25 años de edad. El 30% restante pertenece a partes iguales a las franjas de edad comprendidas en entre los 11 y los 18 años edad, así como la compuesta por los que tiene más de 36 años.

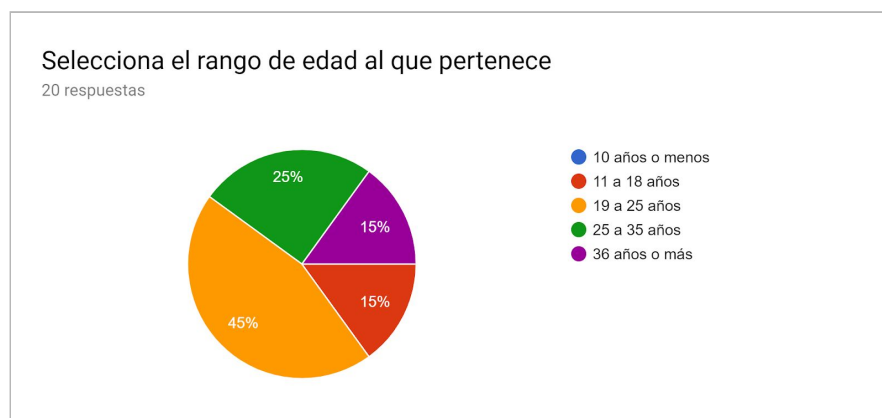


Figura 51. Gráfico de edad

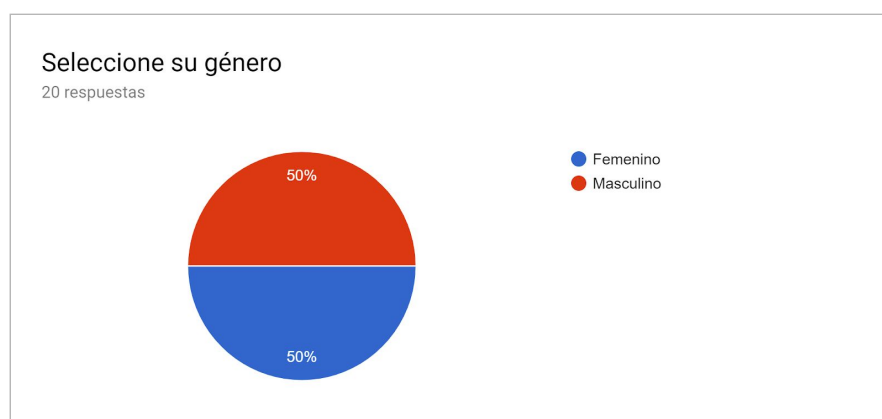


Figura 52. Gráfico de género

La figura 52 nos muestra una participación género del 50% para cada uno de los sexos. En la Figura 53 se puede ver que el 100% de los entrevistados cuenta con un teléfono inteligente o un smartphone.

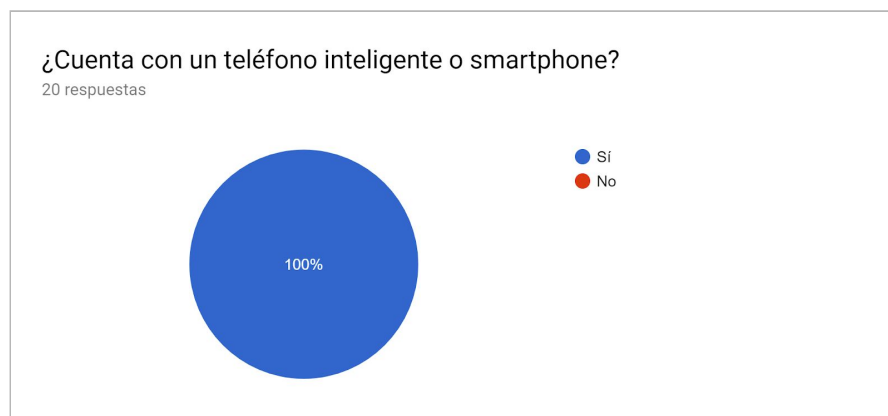


Figura 53. Gráfico de tenencia de smartphone

### 8.2.2. Sobre la aplicación

En los diagramas de barras se ha seguido una puntuación del uno al cinco, siendo el primero “completamente en desacuerdo” y el último “completamente de acuerdo”.

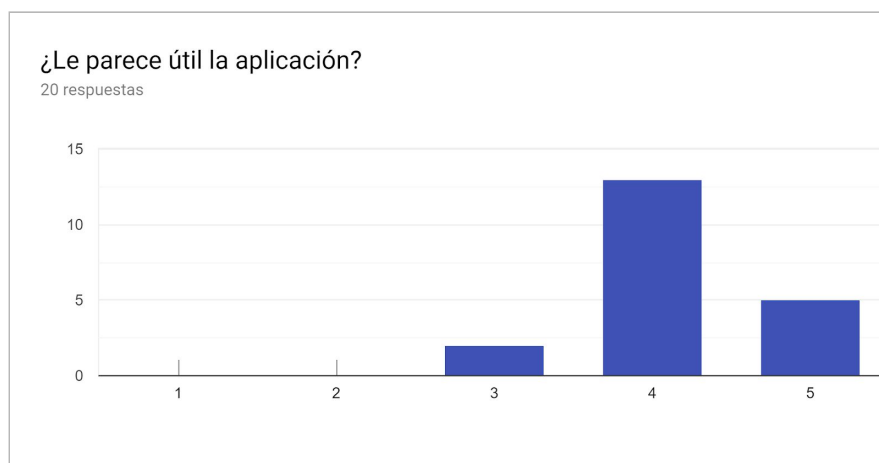


Figura 54. Gráfico de utilidad

La Figura 54 muestra el gráfico que representa la valoración de los encuestados con respecto a la utilidad de la aplicación. De los encuestados, 13 han respondido que su nivel de satisfacción es de 4, por otro lado, 2 personas han dado una puntuación de 3 y los 5 restantes han valorado con la máxima puntuación.

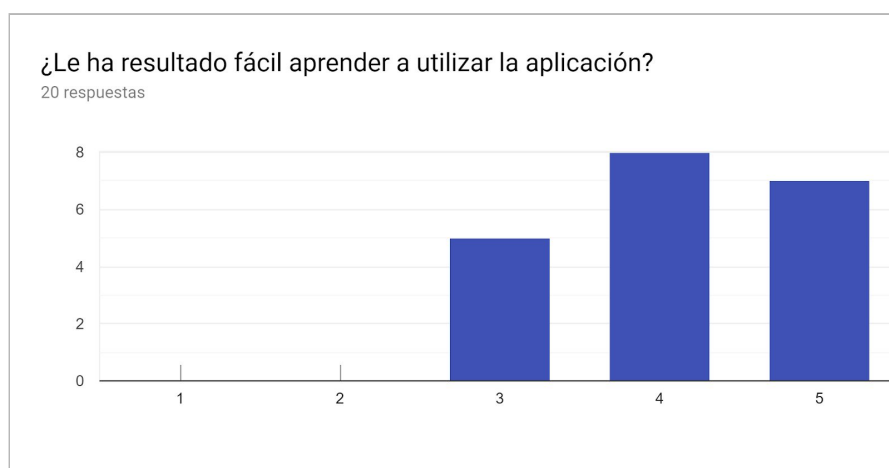


Figura 55. Gráfico de usabilidad

La Figura 55 muestra la opinión respecto a la usabilidad de la aplicación. Se puede observar que la puntuación máxima ha sido votado por 7 encuestados del total, mientras que 5 personas han

puntuado 5. Los 8 encuestados restantes han dado un valoración de 4 puntos.

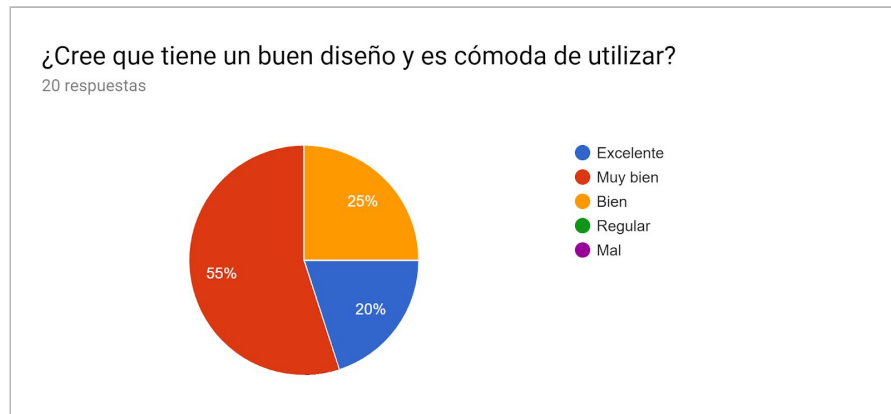


Figura 56. Gráfico de diseño

En cuanto al diseño, se puede observar en la Figura 56 que el 55% de los encuestados les parece un aspecto que está “muy bien”. Un 25% han respondido que el diseño está “bien”, mientras que el 20% restante han valorado con la máxima puntuación.

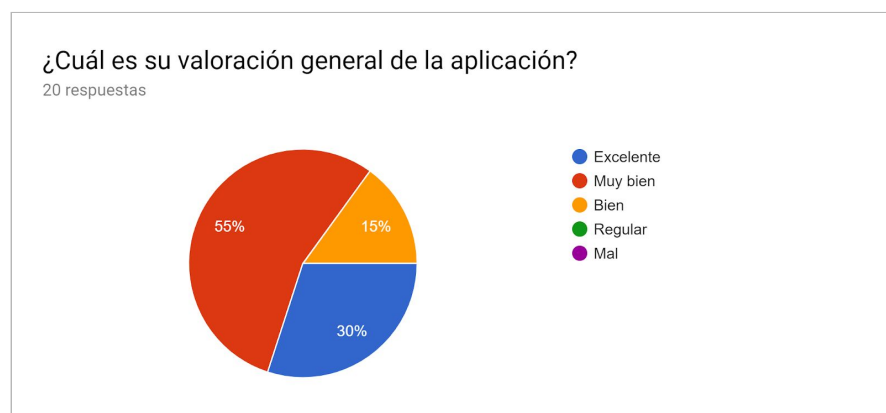


Figura 57. Gráfico de valoración general

En cuanto a la valoración general de la aplicación que ofrece la Figura 57, se puede ver, que nuevamente el 55% de los encuestados ha respondido “muy bien”. El porcentaje de puntuación “excelente” ha aumentado al 30% y el porcentaje restante ha valorado la aplicación como “bien”.

## 9. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

En el siguiente capítulo se detallarán las conclusiones finales alcanzadas por el equipo de desarrollo, así como las mejoras futuras que se podrán llevar a cabo en la aplicación.

### 9.1. Aportaciones

En las siguientes secciones se detallarán las aportaciones individuales al proyecto por parte de los dos desarrolladores que han realizado el presente Trabajo de Fin de Grado.

#### 9.1.1. Carlos Castellanos Mateo

1. Investigación y diseño preliminar de la aplicación.
2. Decisión de servicios externos.
3. Realización de los casos de uso.
4. Decisión del modelo de datos de la aplicación.
5. Decisión de la arquitectura de la aplicación.
6. Investigación de la API de Firebase.
7. Primeras iteraciones de la capa de servidor.
8. Investigación de la API de Mapbox para la búsqueda de direcciones.
9. Últimas iteraciones de la capa del cliente.
10. Realización de la memoria.

### 9.1.2. Víctor Chamizo Rodríguez

1. Investigación y diseño preliminar de la aplicación.
2. Decisión de los entornos de desarrollo.
3. Realización de los casos de uso.
4. Decisión del modelo de datos de la aplicación.
5. Decisión de la arquitectura de la aplicación.
6. Investigación sobre desarrollo Android.
7. Investigación de la API de Mapbox para la visualización del mapa.
8. Primeras iteraciones de la capa de cliente.
9. Últimas iteraciones de la capa de servidor.
10. Realización de la memoria.

## 9.2. Conclusiones

ShuttleGo es una aplicación Android creada para la gestión de servicios de *shuttle bus* que ofrece a los usuarios una alternativa de transporte para trayectos desde o hacia los aeropuertos.

Con este sistema un conductor establece una ruta indicando el punto de origen y la zona de realización de paradas, para que a continuación los pasajeros interesados en ese trayecto puedan reservar asiento. Cuando el conductor decide que ya hay suficientes pasajeros se calcula una ruta óptima que pase por todos los puntos solicitados.

A diferencia de otras aplicaciones, ShuttleGo se centra únicamente en los viajes con múltiples paradas para autobuses. Una de las ventajas de esta especialización es la sencillez a la hora de gestionar las paradas con las que se calculará la ruta óptima, ya que al conductor se le mostrará el camino de forma automática a partir de la información de sus clientes. Por otro lado, también se facilita la experiencia por parte del pasajero cuando buscan un trayecto, ya que simplemente introduciendo un origen y un destino, se le muestran los shuttle buses que realizarán esa ruta, junto con su hora de salida.

Para llevar a cabo este proyecto, se ha utilizado Firebase para mantener el servidor y la base de datos. Por otro lado, se ha hecho uso de la API de Mapbox desde el cliente para todo lo relacionado con mapas como la geolocalización, búsqueda de direcciones, representación de mapas o el cálculo de la ruta.

### 9.3. Trabajo futuro

A continuación se detallarán las líneas principales del trabajo futuro de la aplicación, destinadas a aumentar su funcionalidad y valor:

- Establecer en el servidor un sistema de encriptación para la información personal de los usuarios con el fin de incrementar la seguridad de la aplicación.
- Establecer un sistema de precios para cada trayecto.
- Introducir un método de pago para los usuarios facilitando de esta forma el proceso de contratación de los trayectos.
- Añadir más funcionalidad al sistema de horarios de los trayectos para dar un mejor servicio a los usuarios. Esto se traduciría en saber, por parte de los usuarios, el tiempo estimado de un trayecto o que pueda buscar qué trayectos hay a una determinada hora.
- Establecer un sistema de notificaciones que mantenga informado a los usuarios de los eventos relacionados con sus trayectos.
- Mejorar el sistema de delimitación de la zona de paradas del trayecto pudiendo introducir varios códigos postales o poder interactuar directamente con el mapa.
- Publicar la aplicación en la tienda de Android para conseguir un método de instalación más fácil y dar mayor visibilidad a la aplicación.

## 9. CONCLUSIONS AND FUTURE IMPROVEMENTS

This chapter will detail the final conclusions drawn by the development team, and the future improvements that can be added to the application.

### 9.1. Contributions

The next sections will explain the individual contributions in this bachelor thesis.

#### 9.1.1. Carlos Castellanos Mateo

1. Preliminary research and design.
2. External services choice.
3. Use cases development.
4. Data model design.
5. App architecture design.
6. Firebase API research.
7. First server-side development iterations.
8. Mapbox geocoding API research.
9. Last client-side development iterations.
10. Memory development.

#### 9.1.2. Víctor Chamizo Rodríguez

1. Preliminary research and design.
2. Development environments choice.
3. Use cases development.
4. Data model design.



5. App architecture design.
6. Mapbox map visualization API research.
7. Android apps development research.
8. First client-side development iterations.
9. Last server-side development iterations.
10. Memory development.

## 9.2. Conclusions

ShuttleGo is an Android app made for shuttle bus services management which offers a transport alternative for routes from or to airports.

With this system, a driver can establish a route choosing the starting point and the stops zone, then the passengers who are interested in this route will be able to book a seat. When the driver thinks that he has enough passengers, a path between all stop points will be calculated.

Compared to other applications, ShuttleGo focuses only in multiple stop routes for buses. One of the advantages of this specialization is the simplicity when managing the stops used for generating an optimized route, because it will be automatically calculated and shown to the driver using passengers information. Passengers experience will be easier too when they are looking for a bus, they just have to set a start and stop point and then, a list of buses which fit that properties will be dropped down, along with their departure times.

For this project, Firebase is used for holding the server-side and the database. Besides, the Mapbox API has helped solving maps problems from the client-side like geolocation, geocoding, maps visualization or routes generation.

### 9.3. Future improvements

The main lines of the future work of the application will be detailed below, aimed to improve its functionality and value:

- Establish a system for encrypting personal information about users to increase the security of the application.
- Establish a price system for each journey.
- Introduce a payment method for users, to facilitate the process of hiring journeys.
- Add more functionality to the travel schedule system to improve the users service. Users would know the estimated time of a service or could look for routes which start at a certain time.
- Establish a notifications system to keep informed the users about the travel events.
- Improve the stop zones delimitation system to make users being able to introduce more zip codes or interact with the map.
- Publish the application in the Android store to get an easier installation method and give greater visibility to the application.

## APÉNDICES

### Apéndice 1: Manual de instalación

Este manual proporciona las indicaciones y requerimientos necesarios para la correcta instalación de la aplicación móvil ShuttleGo ([11]).

#### 1. Requisitos

El cliente de este proyecto está desarrollado para la plataforma Android, como mínimo se ha de tener la versión 6.0 (Marshmallow), aunque el SDK utilizado es el 28 (Android 9.0, Pie).

#### 2. Instalación

A continuación se detallan los pasos a seguir en el proceso de instalación de la aplicación:

1. Junto al presente documento se proporcionará el archivo ejecutable que permite la instalación de la aplicación en el dispositivo móvil.
2. La mayoría de dispositivos móviles cuentan con la opción “*instalar aplicaciones de uso desconocido*” desactivada. Para activar dicha opción se debe ir a Ajustes > Seguridad (Figura AP-1). NOTA: la navegación a través de los ajustes puede variar ligeramente en función de la versión Android del dispositivo y/o de la capa de personalización del fabricante.
3. Una vez dentro activar la opción “*Orígenes desconocidos*” (Figura AP-2). Google mostrará un mensaje advirtiendo de los riesgos que esto supone.
4. Ahora se puede proceder a la instalación de la aplicación, ejecutando el archivo shuttleGoInstaller.apk desde el dispositivo.
5. Dicho archivo puede copiarse conectando el terminal a un ordenador a través de un USB y arrastrándolo hasta cualquier directorio del dispositivo; o bien, se puede descargar desde el repositorio en el que está alojado. En este manual, se seguirán los pasos de la segunda opción.

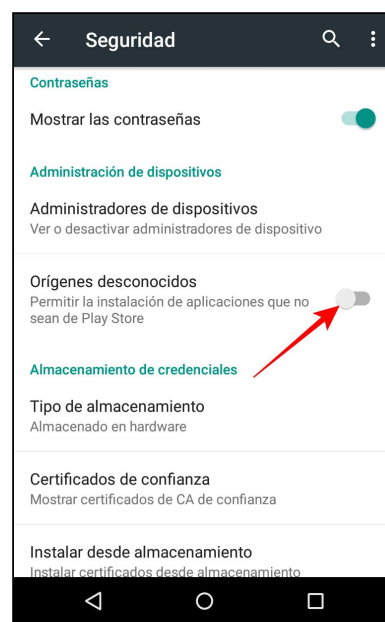
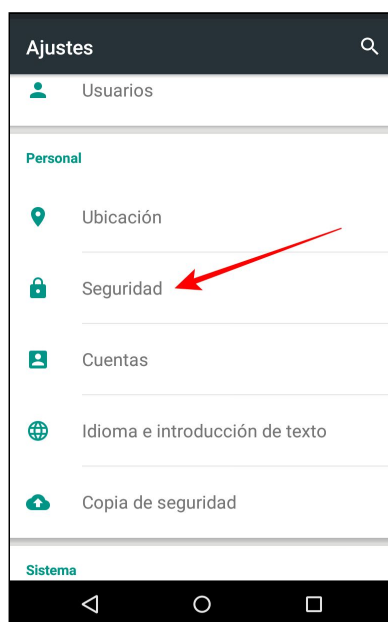


Figura AP-1. Opciones de seguridad      Figura AP-2. Orígenes desconocidos

6. Se descarga el archivo y automáticamente el dispositivo inicia el proceso de instalación (Figura AP-3 y Figura AP-4). Se debe pulsar *instalar* para continuar.

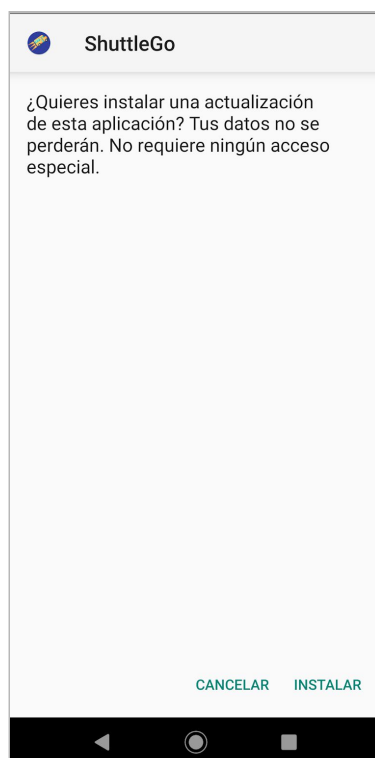


Figura AP-3. Instalación APK

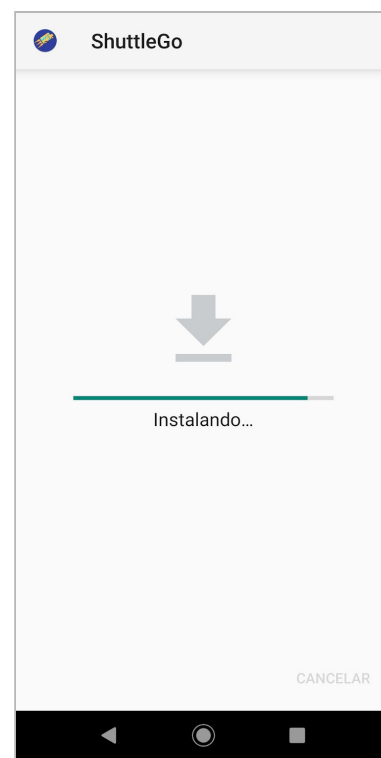


Figura AP-4. Instalando APK

7. Una vez completada la instalación, se debe pulsar *abrir* para ejecutar la aplicación (Figura AP-5).

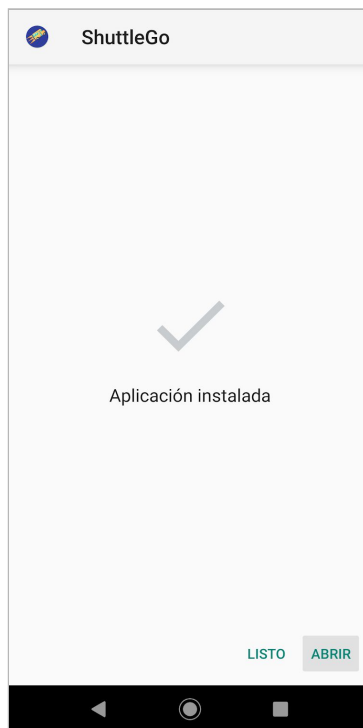


Figura AP-5. Instalación finalizada

## Apéndice 2: Manual de usuario

Este manual proporciona los detalles necesarios para el uso de la aplicación móvil ShuttleGo, con la finalidad de brindar al usuario una herramienta que asegure el uso correcto de la aplicación.

En la aplicación se pueden adoptar varios roles, por lo que se explicará en secciones separadas cada una de las funcionalidades de dichos roles y cómo poder acceder a cada uno de ellos.

### 1. Inicio de sesión.

La primera interfaz que se muestra para interactuar con la aplicación es la de inicio de sesión. En dicha interfaz cabe la posibilidad de introducir las credenciales en los campos *email* y *contraseña* que aparecen en el centro de la pantalla o bien pulsar sobre el botón *regístrate* que está situado debajo del botón *iniciar sesión* (Figura AP-6).

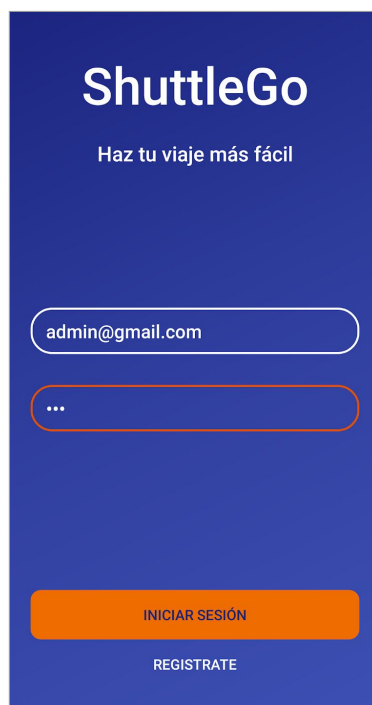


Figura AP-6. Inicio de sesión

Si se elige la primera opción, el requisito previo es que el usuario ya posea una cuenta de usuario, de ser así, se introduce el email y contraseña en sus respectivos editores de texto y se pulsa sobre el botón

*iniciar sesión*; si las credenciales han sido introducidas correctamente, se accede de forma directa a la aplicación, en caso contrario, se mostrará un mensaje de error tras el cual, se deben modificar los datos introducidos anteriormente hasta que sean correctos.

Si aún no se dispone de una cuenta de usuario se debe pulsar sobre el botón *regístrate*, que automáticamente redirigirá al registro de la aplicación.

## 2. Registro.

El registro de la aplicación consta de dos fases, en cada una de las cuales se introduce un tipo de información diferente para poder finalizar el registro con éxito. En la primera fase (Figura AP-7) se especifican el correo, la contraseña y el rol que adoptará el usuario. Una vez que los campos están completados, se continúa pulsando sobre el botón *siguiente*. La segunda y última fase (Figura AP-8), es la referente a los datos personales, en la que únicamente se debe introducir el nombre, apellido/s y el número de teléfono del usuario.

Te damos la bienvenida a ShuttleGo

Introduce tu email:

new@gmail.com

Introduce una contraseña:

.....

¿Que tipo de usuario eres?:

☐ Conductor ☒ Pasajero

SIGUIENTE

Figura AP-7. Registro 1

Algunos datos más y terminamos

Introduce tu nombre:

Passenger

Introduce tus apellidos:

Test

Introduce un teléfono de contacto:

650071752

FINALIZAR

Figura AP-8. Registro 2

Una vez realizados los pasos anteriores se puede concluir el proceso de registro pulsando sobre el botón *finalizar* que aparece en la parte inferior de la interfaz. Si los datos introducidos son correctos, se accede de forma directa a la aplicación, en caso contrario se mostrará un mensaje de error especificando el problema, tras el que se deben modificar

los datos que sean erróneos y proceder a la verificación del registro nuevamente.

### 3. Roles

#### 3.1. Administrador.

El rol de administrador adopta un papel fundamental dentro de la aplicación, ya que es el encargado de establecer los puntos de origen desde los cuales los conductores y pasajeros elegirán comenzar su trayecto.

El rol de administrador no está disponible para el usuario de la aplicación, por esta razón, es una opción que no aparece en el registro. Para acceder desde el inicio de sesión a este módulo de la aplicación, se deben introducir unas credenciales previamente establecidas:

- Email de usuario: *admin@gmail.com*
- Contraseña: *123*

La interfaz principal del administrador consta de dos partes: la primera contiene un mapa y una barra de búsqueda desde la que se introduce la reseña del punto de origen que se desea establecer. La segunda parte de la interfaz está compuesta por un editor de texto en el que se introduce el nombre que se quiere dar al origen (Figura AP-9).



Figura AP-9 . Interfaz administrador



Figura AP-10. Interfaz origen



Una vez realizados los pasos anteriores se puede finalizar el proceso pulsando sobre el botón *añadir*. Si el origen ha sido añadido correctamente se redirige a la interfaz principal del mismo (Figura AP-10), en la que se pueden realizar dos operaciones: pulsar sobre el botón *eliminar*, el cual borrará automáticamente el origen, o bien pulsar sobre el botón *editar* que redirigirá a la interfaz de edición del origen (Figura AP-11), desde la cual se puede modificar su nombre (Figura AP-12).

Es posible retornar a la interfaz principal haciendo uso del botón *back* del dispositivo móvil (también desde cualquier interfaz del módulo de administrador, así como del resto de la aplicación). Se puede acceder al menú de opciones del módulo administrador de dos formas diferentes: pulsando sobre el icono situado en la parte superior derecha de la interfaz, o bien, deslizando el dedo desde la parte izquierda de la pantalla hacia la parte derecha (Figura AP-13). Dicho menú consta de dos opciones principales: el botón de *inicio*, el cual redirigirá a la interfaz principal del módulo y el botón *orígenes*, que permite acceder a un listado de todos los orígenes disponibles, con la posibilidad de pulsar sobre cualquiera de ellos y acceder a las funcionalidades de origen anteriormente descritas (Figura AP-14).

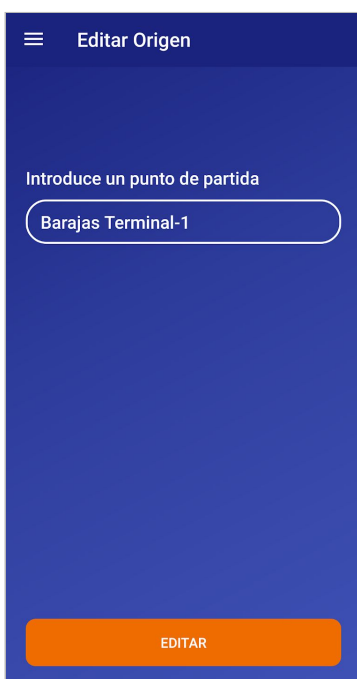


Figura AP-11 . Editar origen



Figura AP-12. Origen editado

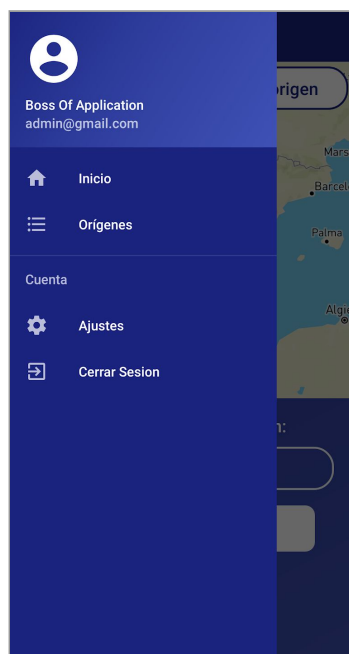


Figura AP-13 . Menú administrador



Figura AP-14 . Listado de orígenes

### 3.2. Conductor.

El rol de conductor es el encargado de crear nuevos trayectos para que los pasajeros puedan contratarlos.

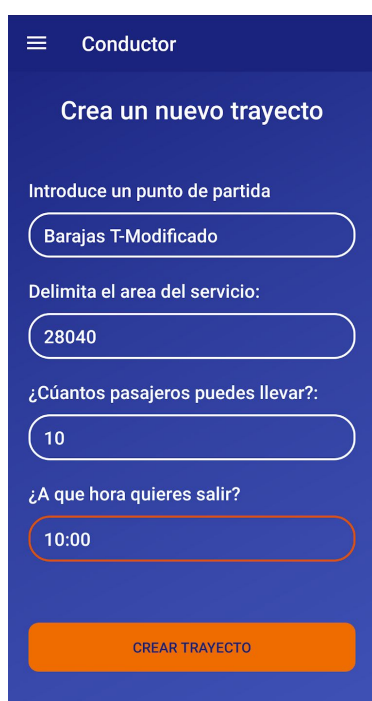


Figura AP-15 . Interfaz conductor

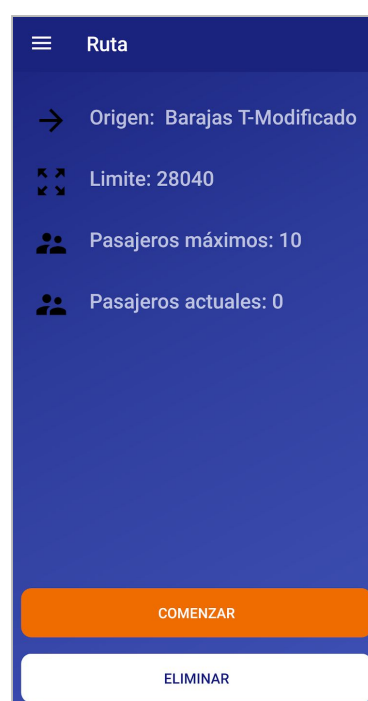


Figura AP-16. Interfaz ruta conductor

La interfaz principal de conductor (Figura AP-15) consta de un formulario en el que se deben introducir los datos correspondientes al trayecto que se desea realizar. Dichos datos son: el punto de origen preestablecido por el administrador, el código postal del distrito en el cual se quiere dar servicio a los pasajeros, la capacidad de personas máximas que puede llevar en el vehículo y la hora de salida desde el punto de partida. Una vez introducidos todos los datos se puede finalizar el proceso pulsando sobre el botón *crear trayecto*, tras lo cual y siempre y cuando los datos introducidos sean correctos (de lo contrario se notificará con un mensaje de aviso) se habrá concluido el proceso de creación de un trayecto.

Cuando se crea un nuevo trayecto la aplicación redirige a la interfaz principal del mismo (Figura AP-16) desde la cual se muestra la información del trayecto así como las diferentes opciones que se pueden realizar: un botón que permitirá *eliminar* el trayecto (siempre y cuando dicho trayecto no contenga personas adjuntadas a él) y la opción *comenzar trayecto*. Esta última opción solamente es accesible si el número de pasajeros que ha contratado el trayecto es al menos uno. Si se cumple el requisito anterior, y se pulsa sobre dicho botón, la aplicación colocará los puntos por los que el conductor tendrá que realizar el trayecto (Figura AP-17) y calculará la ruta más óptima para llegar hasta ellos; tras este proceso se renderizará un mapa con la ruta pintada sobre él (Figura AP-18) y nos dará la opción de *comenzar* el trayecto.

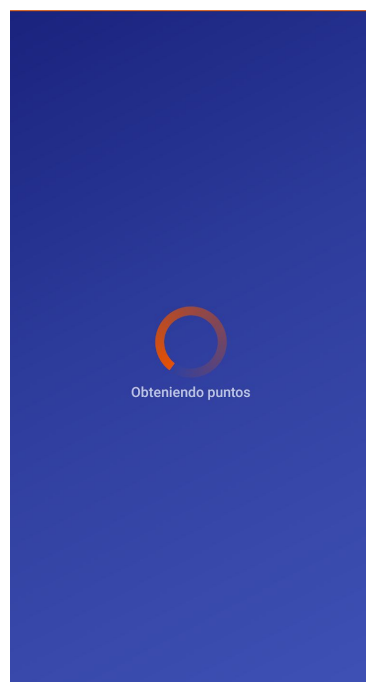


Figura AP-17. Calculando ruta

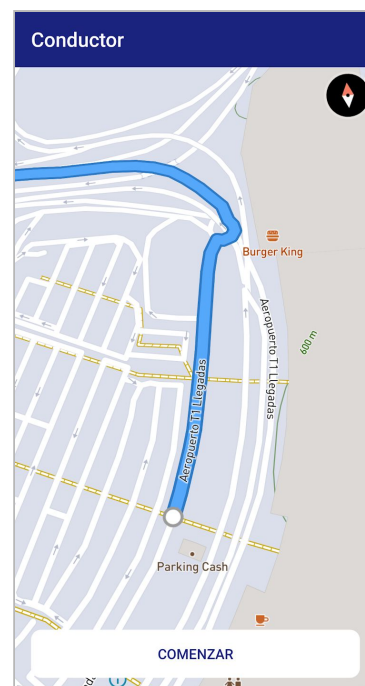


Figura AP-18. Comenzar ruta

Al igual que en el resto de la aplicación es posible volver hacia atrás pulsando los botones *back* del dispositivo móvil, permitiendo así regresar a la interfaz principal. Se puede acceder al menú de opciones (Figura AP-19) pulsando sobre el icono situado en la parte superior derecha de la interfaz o bien deslizando el dedo sobre la pantalla desde el lado izquierdo hacia el derecho. De esta forma se despliega el menú dando lugar a varias opciones: el botón de *inicio*, que a la aplicación en la interfaz principal del conductor y el botón *rutas* que permite acceder a un listado (Figura AP-20) de los trayecto disponibles que tiene el conductor en ese momento. En dicho listado es posible pulsar sobre cualquiera de los trayectos accediendo de esta forma a las diferentes opciones de ruta citadas anteriormente.

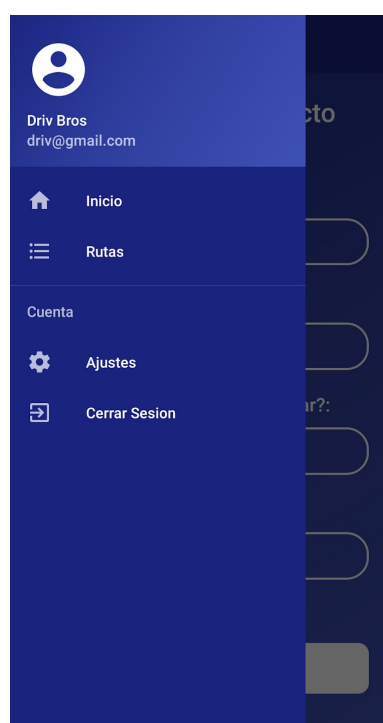


Figura AP-19. Menú conductor



Figura AP-20. Listado rutas

### 3.3. Pasajero.

El rol de pasajero es el encargado de contratar los viajes publicados por el conductor.

La interfaz principal de pasajero consiste en un mapa que muestra la geolocalización del usuario y por el cual es posible navegar. En la parte superior de dicho mapa, hay dos barras de búsqueda en las que el pasajero debe introducir un punto de origen

(ya preestablecido) y el punto de destino al que desea dirigirse. Una vez completados ambos pasos (Figura AP-21), se puede dar comienzo a la contratación del trayecto pulsando sobre el botón *buscar trayecto*, tras lo cual se mostrará una lista con las diferentes rutas disponibles según los datos anteriormente introducidos (Figura AP-22).

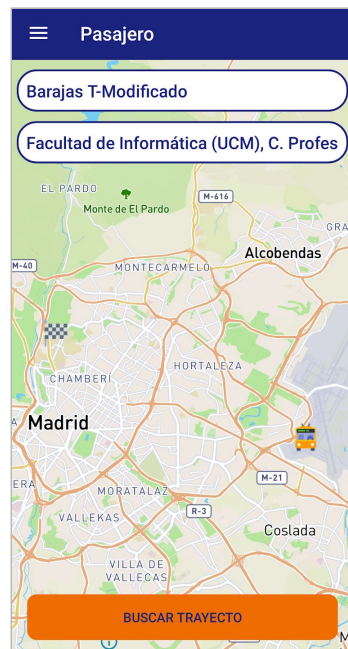


Figura AP-21. Interfaz pasajero



Figura AP-22. Listado de viajes disponibles

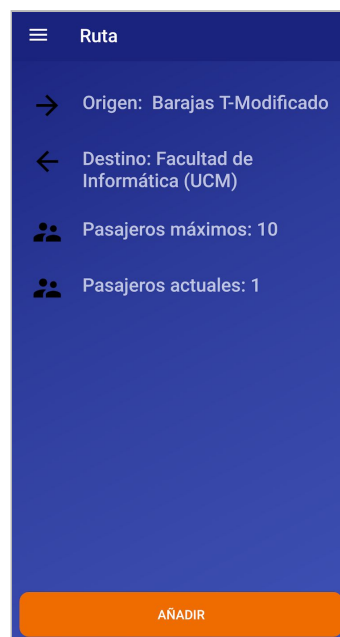


Figura AP-23. Información ruta

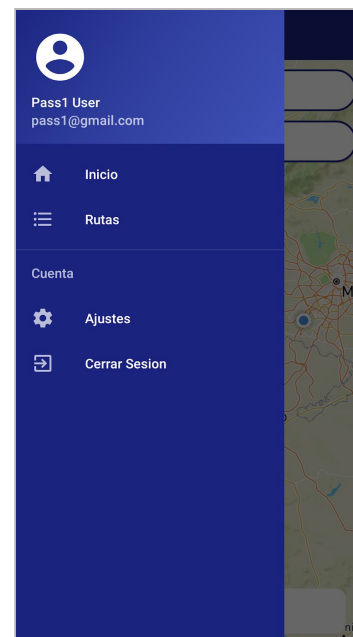


Figura AP-24. Menú pasajero

Una vez que se ha elegido el trayecto deseado, se redirige a la interfaz de trayecto en la que se muestran los detalles del mismo y se encuentra la opción de contratar el viaje pulsando sobre el botón *añadir* (Figura AP-23).

Se puede acceder al menú de opciones (Figura AP-24) pulsando sobre el botón superior derecho de la interfaz o deslizando el dedo sobre la pantalla desde la parte izquierda de la misma hacia la parte derecha. Si se pulsa sobre el botón *inicio* se accede a la interfaz principal de pasajero, en caso contrario, si la opción elegida es *rutas*, se accede a un listado de las rutas contratadas por el pasajero (Figura AP-26). Al pulsar sobre un trayecto de la lista, automáticamente se muestra la información de dicho trayecto junto con la posibilidad de *cancelar ruta* (Figura AP-26).

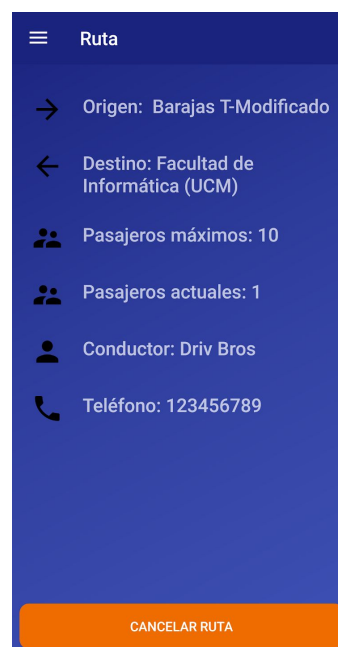
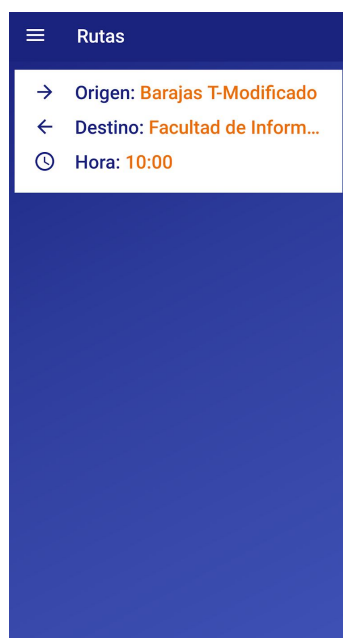


Figura AP-25.- Listado rutas pasajero      Figura AP-26. Interfaz ruta pasajero

## Bibliografía

- [1] [Infraestructura del transporte - Cátedra Abertis](#)
- [2] [¿Cómo funciona Uber? - Uber](#)
- [3] [Compromiso de Cabify - Cabify](#)
- [4] [BlaBlaCar](#)
- [5] [CarSharing en España - Car2Go](#)
- [6] [MyTaxi](#)
- [7] [Transporte Madrid - EMT Interurbanos Metro TTP](#)
- [8] [Conoce Android Studio - Android Developers](#)
- [9] [¿Qué es Firebase y qué nos aporta? - Arpent Technologies](#)
- [10] [Mapbox - Genbeta](#)
- [11] [Instalar APK en Android - Xataka Android](#)